

Universidad de Málaga
Facultad de Ciencias de la Salud
Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud



TESIS DOCTORAL
EVALUACIÓN DEL PIE PLANO INFANTIL FLEXIBLE

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
MÁLAGA, Enero de 2016


DOCTORANDO:
Jesús Montes Alguacil

DIRECTORES:
Prof. Dr. Gabriel Gijón Noguerón
Prof. Dra. Ana María Jiménez Cebrián



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Jesús Montes Alguacil

 <http://orcid.org/0000-0002-7126-6266>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer
obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de
Málaga (RIUMA): riuma.uma.es



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

D. Gabriel Antonio Gijón Noguerón, Doctor por la Universidad de Málaga, Profesor Contratado Doctor del Departamento de Enfermería y Podología de la Universidad de Málaga

CERTIFICA, que el trabajo presentado como Tesis Doctoral por D. Jesús Montes Alguacil, **EVALUACIÓN DEL PIE PLANO INFANTIL FLEXIBLE**, ha sido realizado bajo mi dirección y considero que reúne las condiciones apropiadas en cuanto a contenido y rigor científico para ser presentado a trámite de lectura.

Y para que conste donde convenga firmo el presente en Málaga, a 10 de julio de dos mil dieciséis.

Fdo. Dr. Gabriel A. Gijón Noguerón



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Dña. Ana María Jiménez Cebrián, Doctora por la Universidad de Málaga, Profesora Asociada Investigadora del Departamento de Enfermería y Podología de la Universidad de Málaga

CERTIFICA, que el trabajo presentado como Tesis Doctoral por D. Jesús Montes Alguacil, **EVALUACIÓN DEL PIE PLANO INFANTIL FLEXIBLE**, ha sido realizado bajo mi co-dirección y considero que reúne las condiciones apropiadas en cuanto a contenido y rigor científico para ser presentado a trámite de lectura.

Y para que conste donde convenga firmo el presente en Málaga, a 10 de julio de dos mil dieciséis.

Fdo. Dra. Ana María Jiménez Cebrián



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha supuesto para mí una experiencia sin precedentes en mi vida tanto profesional como personal, no sólo por la labor de búsqueda y de investigación, sino también por la ilusión que me ha generado para seguir estudiando e investigando y, especialmente, por su repercusión en mis relaciones personales más cercanas. De hecho, este trabajo no habría sido posible sin la ayuda y el apoyo de muchas personas de mi entorno más cercano, por lo que aprovecho para mostrar mi agradecimiento más sincero.

A mi compañero Dr. D. José Antonio Cervera Marín, coordinador del Área de Podología, luchador infatigable que nos abre y alivia el camino a todos, casi sin darnos cuenta.

A mi compañero y director tesis Dr. D. Gabriel Gijón Noguerón, por contagiarme con su energía, su perseverancia y su pasión por la investigación, por su orientación en el desarrollo de este trabajo, por su comprensión y por supuesto, por su amistad.

A la Dra. Ana María Jiménez Cebrián, codirectora de este proyecto, por su apoyo profesional, personal y por su amistad.

A la Dra. Irene García Payá, compañera y amiga, por su energía y por encender en mí la chispa de la aventura universitaria.

Al Dr. D. José Miguel Morales Asensio, por su inestimable colaboración en el análisis estadístico de las dos investigaciones llevadas a cabo en este trabajo y, cómo no, por su lucha incombustible por el departamento.

A mis padres, luchadores natos, que han fomentado mi libertad, y desde mis primeros estudios me han apoyado en todo momento sin reservas. Gracias por todo.

A mi hermano José Manuel, y a Mari Carmen, por su apoyo incondicional siempre que los necesito, y especialmente por su colaboración técnica en este trabajo.

A María José, a Pablo y a María, mi mayor ilusión, por comprender mis ausencias en el día a día, y apoyarme con el amor que me dais.



SUMARIO

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL	Pag. 1
1.1 EMBRIOLOGÍA DEL PIE	Pag. 3
1.1.1 <i>Desarrollo Fetal</i>	Pag. 6
1.1.2 <i>Crecimiento</i>	Pag. 7
1.2 DESARROLLO DE MIEMBROS INFERIORES	Pag. 8
1.2.1 <i>Pelvis</i>	Pag. 8
1.2.2 <i>Articulación de la Cadera</i>	Pag. 9
1.2.3 <i>Fémur</i>	Pag. 9
1.2.4 <i>Articulación de la Rodilla</i>	Pag. 10
1.2.5 <i>Articulación del Tobillo</i>	Pag. 12
1.2.6 <i>Articulación Subastragalina</i>	Pag. 12
1.2.7 <i>Articulación Mediotarsiana</i>	Pag. 13
1.2.8 <i>Primer Radio</i>	Pag. 13
1.3 CONOCIMIENTO DEL PIE PLANO INFANTIL	Pag. 14
1.3.1 <i>Pie Plano Infantil Flexible (PPIF)</i>	Pag. 17
1.3.2 <i>Desarrollo del Pie Plano Infantil Flexible</i>	Pag. 18
1.3.3 <i>Formatos de Imagen para el Diagnóstico</i>	Pag. 22
1.3.4 <i>Niveles de Evidencia Científica</i>	Pag. 25
1.3.5 <i>Fisiopatología</i>	Pag. 28
1.3.6 <i>Dominancia Planar según E. Harris</i>	Pag. 30
1.3.7 <i>Talipes Calcáneo Valgo</i>	Pag. 33
1.3.8 <i>Reflexión</i>	Pag. 35
1.3.9 <i>Conclusiones</i>	Pag. 37
1.4 FOOT POSTURE INDEX (FPI)	Pag. 38
1.4.1 <i>El Autor del FPI</i>	Pag. 38
1.4.2 <i>FPI-8. El Desarrollo de la Herramienta</i>	Pag. 39
1.4.3 <i>FPI-6. La Evolución de la Herramienta</i>	Pag. 42
1.4.4 <i>La Validez Interna del FPI</i>	Pag. 46

1.4.5 <i>Valores de Normalidad para el FPI</i>	Pag. 47
1.4.6 <i>El FPI en Estudios con Niños/as No Sanos</i>	Pag. 49
1.5 LA OBESIDAD EN LA INFANCIA	Pag. 53
1.5.1 <i>Obesidad y PPIF sin FPI</i>	Pag. 54
1.5.2 <i>Obesidad y PPIF con FPI</i>	Pag. 57
1.6 JUSTIFICACIÓN	Pag. 58
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	Pag. 61
2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES	Pag. 63
2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS	Pag. 63
CAPÍTULO 3. VALORES DE NORMALIDAD PARA EL FPI EN LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA	Pag. 65
3.1 INTRODUCCIÓN	Pag. 67
3.2 MATERIAL Y MÉTODO	Pag. 68
3.3 RESULTADOS	Pag. 70
3.4 DISCUSIÓN	Pag. 79
3.5 CONCLUSIONES	Pag. 81
CAPITULO 4. SOBREPESO, OBESIDAD Y LA POSTURA DEL PIE EN LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA	Pag. 83
4.1 INTRODUCCIÓN	Pag. 85
4.2 MATERIAL Y MÉTODO	Pag. 86
4.3 RESULTADOS	Pag. 88
4.4 DISCUSIÓN	Pag. 97
4.5 CONCLUSIONES	Pag. 98
CAPÍTULO 5. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA	Pag. 99
5.1 LIMITACIONES	Pag. 101

5.2 PROSPECTIVA	Pag. 101
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	Pag. 103
CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Pag. 107
CAPÍTULO 8. ANEXOS	Pag. 123
CAPÍTULO 9. PUBLICACIONES	Pag 147
9.1 ARTÍCULO 1	Pag 149
9.2 ARTÍCULO 2	Pag 150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>α de Cronbach para los 8 ítems candidatos a FPI</i>	Pag. 44
Tabla 2. <i>Descriptivos para la edad, peso, estatura e IMC de la totalidad de la muestra, y por género</i>	Pag. 68
Tabla 3. <i>Descriptivos para el FPI de la totalidad de la muestra. Detallado por ítems independientes, lado y género</i>	Pag. 71
Tabla 4. <i>Valores de FPI Total por edades y lateralidad</i>	Pag. 72
Tabla 5. <i>Percentiles de FPI Izquierdo y Derecho por edades en ambos géneros</i>	Pag. 73
Tabla 6. <i>Características de la Muestra respecto a IMC y Edad</i>	Pag. 87
Tabla 7. <i>Diferencia de medias de FPI según edad y género</i>	Pag. 88
Tabla 8. <i>Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC</i>	Pag. 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Carnegie Stages of Human Development</i>	Pag. 4
Figura 2. <i>Secuencia de osificación del pie</i>	Pag. 5
Figura 3. <i>Polidactilia</i>	Pag. 6
Figura 4. <i>Curva de crecimiento gestacional. Longitud fetal Vs longitud del pie</i>	Pag. 8
Figura 5. <i>Genu varum hacia genu valgum. Transición fisiológica</i>	

<i>respecto a la edad en el plano frontal</i>	Pag. 11
Figura 6. <i>Huella plantar de diferentes tipos de pie</i>	Pag. 22
Figura 7. <i>Mediciones frecuentes en Rx lateral</i>	Pag. 22
Figura 8. <i>Pronación predominante en plano frontal I</i>	Pag. 31
Figura 9. <i>Pronación predominante en plano frontal II</i>	Pag. 31
Figura 10. <i>Pronación predominante en plano transverso I</i>	Pag. 31
Figura 11. <i>Pronación predominante en plano transverso II</i>	Pag. 31
Figura 12. <i>Pronación predominante en plano sagital I</i>	Pag. 32
Figura 13. <i>Pronación predominante en plano sagital II</i>	Pag. 32
Figura 14. <i>Pronación predominancia triplanar I</i>	Pag. 32
Figura 15. <i>Pronación predominancia triplanar II</i>	Pag. 32
Figura 16. <i>Radiografía lateral. Astrágalo oblicuo y hundimiento de la bóveda plantar</i>	Pag. 35
Figura 17. <i>Histogramas de valores de FPI para niños, adultos jóvenes y mayores</i>	Pag. 47
Figura 18. <i>Boxplots de puntuaciones de FPI respecto a la presencia de patología</i>	Pag. 49
Figura 19. <i>Ángulos medidos en las proyecciones radiológicas por Jung Su Lee et al</i>	Pag. 51
Figura 20. <i>Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niños y lado Izquierdo. Rango de Edad entre 6 y 11 Años</i>	Pag. 74
Figura 21. <i>Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niños y lado Derecho. Rango de Edad entre 6 y 11 Años</i>	Pag. 75
Figura 22. <i>Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niñas y lado Izquierdo. Rango de Edad entre 6 y 11 Años</i>	Pag. 76
Figura 23. <i>Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niñas y lado Derecho. Rango de Edad entre 6 y 11 Años</i>	Pag. 77
Figura 24. <i>Frecuencias de FPI Izquierdo ambos géneros</i>	Pag. 78
Figura 25. <i>Frecuencias de FPI Derecho ambos géneros</i>	Pag. 78
Figura 26. <i>Comportamiento del FPI respecto al IMC y la Edad</i>	Pag. 89

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización de los padres a la exploración	Pag. 125
Anexo 2. Autorización de la Comisión Ética de la Universidad de Málaga	Pag. 126
Anexo 3. Hoja de recogida de datos	Pag. 127
Anexo 4. Manual del Foot Posture Index	Pag. 128



Capítulo 1

MARCO CONCEPTUAL

Los niños no son un grupo homogéneo, ni tampoco son adultos a escala menor. Desde el estado embrionario hasta la adolescencia se está inmerso en un continuo desarrollo físico en paralelo a los desarrollos y necesidades psicológicas y sociales. Por tanto, se puede considerar que la atención clínica de los niños tiene como fin la evaluación y el tratamiento de la enfermedad, pero teniendo en cuenta una visión holística del propio desarrollo físico y psicosocial. Aprender las fases de desarrollo de los niños y su propia idiosincrasia es necesario para realizar una valoración clínica adecuada y satisfactoria para el clínico, para los cuidadores y para los propios niños.

1.1 EMBRIOLOGÍA DEL PIE

El periodo embrionario incluye el periodo germinal (concepción más 14 días), pero técnicamente comienza en la tercera semana post-concepción y termina al final de la octava semana (1).

En el momento de la fertilización del óvulo, ocurren innumerables cambios hasta convertirse en los esbozos de lo que serán los miembros inferiores y finalmente los huesos del pie, que se presentan al final de la gestación. El periodo embrionario se define como las 7 primeras semanas tras la fertilización del óvulo (2) y se divide en 23 estadios, cada uno de los cuales corresponde a una etapa de desarrollo del embrión (3). Estos estadios se basan en el desarrollo morfológico interno y/o externo del embrión, más que en el tamaño o el tiempo.

La masa celular embrionaria o cigoto se divide y diferencia para formar el Ectodermo, el Mesodermo y el Endodermo. El Ectodermo formará epidermis, tejido nervioso y receptores sensoriales. El Mesodermo formará el esqueleto, tejido conectivo, huesos y sangre. Y el Endodermo formará el revestimiento de los conductos gastrointestinales y del aparato respiratorio (Figura 1) (4).

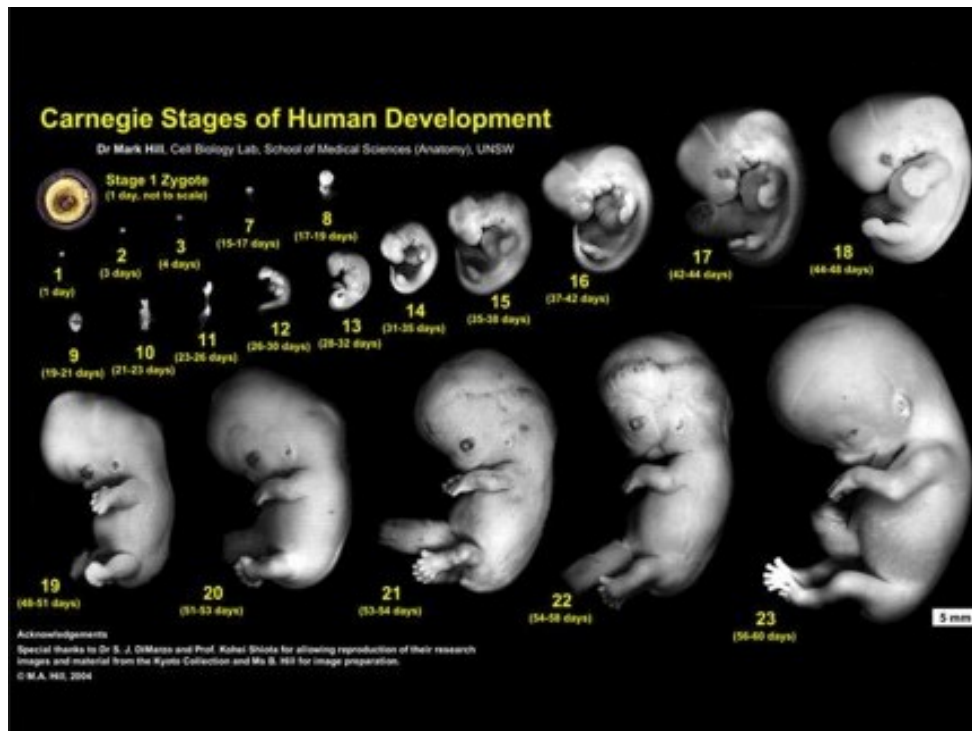


Figura 1. Carnegie Stages of Human Development.

El desarrollo del pie se deriva de la condensación mesenquimal, a partir del mesodermo, proyectado a través del ectodermo para formar lo que sería un patrón del futuro pie. Hay tres etapas principales para formar el esqueleto: mesenquimal, cartilaginosa y ósea. El mesénquina se diferencia para formar metatarsianos, falanges y el tarso. El precartilago aparece dentro de las áreas de condensación mesenquimal para formar el patrón condroificado. La condroificación se completa prácticamente al final del periodo embrionario. La infiltración vascular ocurre inicialmente en el astrágalo desde las arterias del seno del tarso (5). El aporte vascular se extiende después para el calcáneo, escafoides, cuboides, cuneiformes, metatarsianos y falanges y señala el entorno de la osificación. La osificación endocondral sucederá progresando generalmente desde el antepié hasta el retropié, comenzando por la falange distal del primer dedo, siendo éste el primer hueso del pie en osificar. El calcáneo es el primer hueso del tarso en osificar, siendo el escafoides el último, pudiendo variar entre los 2 y 5 años de edad (6). El cuboides comienza a osificar a las 37 semanas de gestación y suele usarse como referencia de maduración fetal (Figura 2) (7).

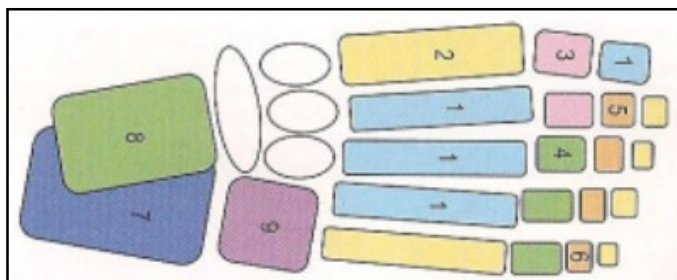


Figura 2. Secuencia de osificación del pie.

El desarrollo del sistema nervioso se hace evidente a partir de la tercera semana embrionaria cuando el ectodermo forma la placa neural, que se convertirá en la médula espinal. Aparecen gran cantidad de diferenciaciones a nivel de la cresta neural para formar el sistema nervioso sensitivo y autónomo. Se produce un rápido crecimiento del cerebro hasta la mitad de la gestación, aunque el 85% de su crecimiento se produce antes del nacimiento (8). En la semana 5 se forma un primitivo plexo lumbosacro con los correspondientes nervios femoral, obturador, tibial y peroneal común ramificados en sus respectivas áreas del esbozo del miembro inferior (9).

Los esbozos de los miembros inferiores aparecen por primera vez entre la tercera y quinta semana embrionaria, un poco más tarde que los miembros superiores, y se posicionan ligeramente lateral a los miotomas quinto lumbar y primero sacro; el plexo lumbosacro se bifurca en las ramas dorsal y central que inervarán los grupos musculares extensores y flexores respectivamente (3,10). Una vez comenzado, el desarrollo del miembro inferior es relativamente rápido, con cambios perceptibles cada 2 días. Antes de la semana embrionaria 5, las tres regiones correspondientes a muslo, pierna y pie son visibles (3).

En la semana embrionaria 6, los miembros se posicionan perpendiculares al cuerpo y rotados lateralmente a 90°, como remos o aletas. El pie se encuentra completamente en equino e inversión. Las plantas de los pies se posicionan cara a cara, en lo que se ha llamado “postura del orador”. Las membranas del esbozo a nivel del pie comienzan retraerse separando así las diferentes formas de los dedos. La sindactilia en el pie podría resultar de una regresión incompleta de dichas membranas del esbozo primitivo del pie.

En la semana embrionaria 7, los músculos soleo y gastrocnemio se hacen evidentes con zonas miogénicas para otros músculos flexores, extensores y peroneales que si bien están presentes, están poco definidos. Los nervios principales se han ramificado para inervar estos futuros grupos musculares (9). Muchas deformidades congénitas del pie ocurren en la séptima semana embrionaria, momento en el cual los elementos estructurales y esqueléticos se determinan (5). La polidactilia, por ejemplo, una deformidad común en la que aparecen más de 5 dedos en el pie, resulta como una alteración del programa genético del desarrollo de los miembros (Figura 3) (7). Reconocido desde hace mucho tiempo como polidactilia, es un indicativo de otras posibles deformidades a nivel general, que se pueden reconocer mediante ecografía antes del nacimiento (11).

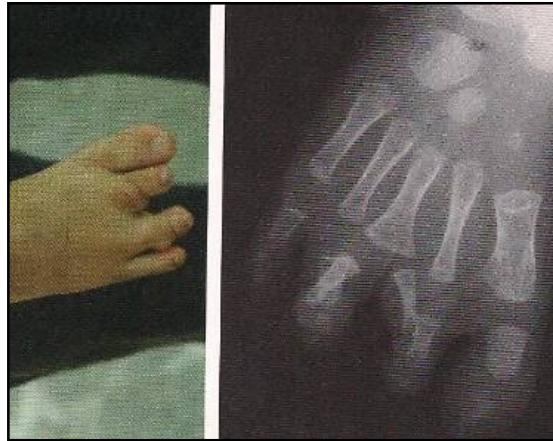


Figura 3. Polidactilia

1.1.1 DESARROLLO FETAL

Definido como el periodo entre la semana 8 embrionaria y el término de la gestación, 40 semanas, el periodo fetal transcurre con el pie posicionado en un marcado equino, supinado y adducto. Los músculos, vasos y nervios se están diferenciando, así como los dedos. El tercer dedo es inicialmente el más largo, y posteriormente es sobrepasado por el segundo. El primer dedo, en la mayoría de los casos, aunque no siempre, puede sobrepasar la longitud del segundo dedo. De igual modo, el tercer metatarsiano es el más largo inicialmente, y es sobrepasado por el segundo entre las semanas 16 y 20 del desarrollo embrionario. Desde la semana 24 en adelante, el segundo metatarsiano llegará a ser más largo que el primero, y éste, ocasionalmente más corto que el tercero (3,5,12).

Durante la semana 9, el calcáneo comienza a colocarse plantar al astrágalo para formar la articulación subastragalina. De igual modo, la tibia y el peroné comienzan a formar la articulación del tobillo, colocándose sobre la cúpula del cuerpo del astrágalo. La base del primer metatarsiano articula con el hueso cuneiforme medial, resultando un ángulo intermetatarsal muy amplio, de modo que el primer metatarsiano y el primer dedo quedan

posicionados en aducción. La falange distal del primer dedo será el primer hueso en osificar. Entre las semanas 10 y 12 el pie comienza a dorsiflexionar a nivel de tobillo desde su posición de equino. El feto mide aproximadamente 75mm, comienza a mover sus piernas y tiene los puños cerrados. El pie continúa posicionado en inversión y tanto la cabeza como el cuello del astrágalo torsionados. En esta etapa la tibia y el peroné son iguales en longitud, pero a partir de ahora, el peroné aumentará su longitud respecto a la tibia. En la semana 16, los pies evierten debido a cambios torsionales en el astrágalo y en el calcáneo. Este movimiento de eversión y dorsiflexión del pie continúa hasta el nacimiento y puede llegar aproximadamente hasta los seis años de edad. En esta semana los brazos son más largos que las piernas, y sobre los dos años se igualarán y posteriormente se invertirá la relación. En la semana 18, el feto puede alcanzar 15 cm de longitud. A las 21 semanas comienza la osificación del calcáneo, siendo el primer hueso del tarso en osificarse. A las 2 semanas el feto puede llegar a 30 cm de longitud y las uñas ya están presentes. En la semana 24 aparece el centro de osificación del astrágalo y en la semana 37 se osifica el cuboide, que suele ser usado como indicador de madurez fetal (4,12).

1.1.2 CRECIMIENTO

El crecimiento del pie, per se, es posible sólo después de alcanzar el estadio 21, en el que la longitud entre la coronilla y el cóccix alcanza los 24 mm aproximadamente. El pie crece bastante rápido hasta la octava semana, después se ralentiza hasta la semana 14, crece rápidamente hasta la semana 26 y después se enlentece de nuevo hasta que el embarazo llega a término (Figura 4) (7). Desde la semana 14, el pie crece semanalmente una media de 3mm. La longitud media del pie a los 40 semanas, cuando el periodo de gestación llega a término es de 7,6 cm (entre 7,1 y 8,7 cm) (3).

El crecimiento del pie sigue siendo muy rápido hasta los cinco años de edad. El índice de crecimiento del pie se reduce desde los cinco años hasta la madurez esquelética del pie, que ocurrirá sobre los 12 años en niñas y los 14 en niños (2).

Los pies de recién nacidos que presentan un amplio espacio entre los dedos primero y segundo, y/o un pliegue plantar entre el primer y segundo metatarsiano podrían estar asociados a Síndrome de Down (13). El pie zambo o equinovaro suele identificarse inmediatamente. El mejor tratamiento inicial para ello es el método de Ponseti, que hoy en día está universalmente aceptado como primera elección y tratamiento gold standard (14–16).

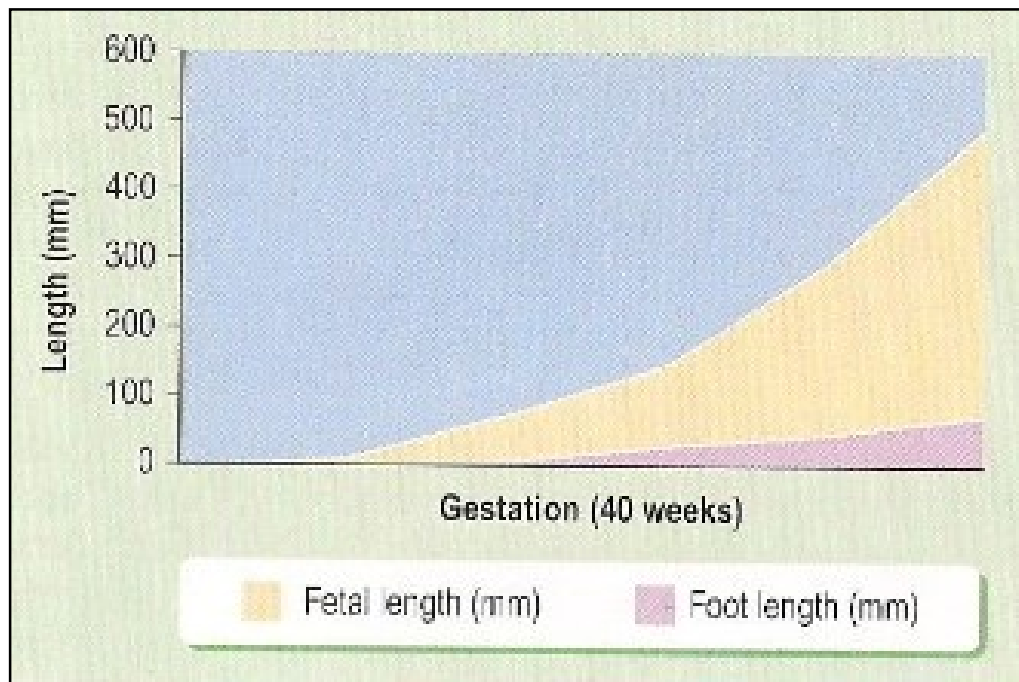


Figura 4. Curva de crecimiento gestacional. Longitud fetal Vs longitud del pie.

1.2 DESARROLLO DE MIEMBROS INFERIORES POST-PARTO.

HACIA LA BIPEDESTACIÓN

1.2.1 PELVIS

La pelvis del recién nacido es pequeña e inclinada posteriormente en el plano sagital, incluso más que cuando el bebé está posicionado en decúbito prono. La articulación de la cadera está en una posición de flexión y rotación lateral debido a las fuerzas combinadas de los ligamentos y músculos adyacentes. La postura de los recién nacidos refleja la postura que ha tenido en el útero en el último trimestre del embarazo. En consecuencia, tras el parto, el desarrollo músculo-esquelético irá encaminado a reducir esta postura flexionada y tensa, hasta que entre los 10 y 16 meses veamos al bebé extendido e incluso de pie (17).

1.2.2 ARTICULACIÓN DE LA CADERA

La articulación de la cadera tiene movilidad en los tres planos del cuerpo:

Sagital: en el nacimiento, la cadera está flexionada unos 30°. Los ligamentos iliofemoral e isquiofemoral junto con el músculo iliopsoas están acortados e inactivos ayudando a mantener la posición de flexión. El glúteo mayor y la porción proximal del adductor mayor se irán activando y antagonizarán con estas estructuras con su función de extensores de la cadera. El test clínico para la extensión de la cadera es el Test de extensión de la cadera de Staheli. Durante los tres primeros años la extensión de la cadera no sobrepasará 0° de extensión, mientras que los adultos el valor normal será de 55° extensión.

Transverso: Hasta los 2 años, la rotación lateral de la cadera en el plano transverso sobrepasa la rotación medial y tiene un rango de movimiento de 120°-150°, que en esta edad se ha reducido a unos 100° aproximadamente, junto a la reducción de la anteversión del cuello femoral.

Frontal: La articulación de la cadera está abducida unos 75° en neonatos y se irá reduciendo hasta los 60° aproximadamente a los 9 meses de edad. En los niños de 2 años, la abducción de la cadera será de 45°, la cual permanecerá prácticamente estática hasta la edad adulta (17).

1.2.3 FÉMUR

Plano Sagital: El fémur es el hueso más largo del cuerpo y su desarrollo es confuso en términos de nomenclatura. Los términos anteversión y antetorsión (y su contraparte retroversión y retrotorsión) son usados con variaciones por muchos autores (18,19) aunque los términos adoptados con más claridad son los de Cusick: “Torsión es un giro medial en el eje del hueso, distal sobre proximal”, “Versión es un cambio posicional en el cual la cabeza y el cuello del fémur se dirigen anteriormente respecto al plano frontal (10,20).

Hay tres placas de crecimiento en el fémur proximal que contribuyen a su desarrollo; placa de crecimiento longitudinal (contribuye un 30% a la longitud del fémur), placa de crecimiento trocantérea (contribuye al modelado de la cabeza y el cuello del fémur) y el istmo del cuello femoral. La reducción de la torsión femoral es importante en los primeros 2 años de vida, pasando de 40° a 30° aproximadamente, y de nuevo en la pubertad desde los 25° hasta los 15° aproximadamente. La valoración clínica de la torsión femoral se estima usando el Test de Ryder, que ha demostrado buena fiabilidad y validez en manos de examinadores expertos (10,20,21)

Plano Frontal: La coxa valga describe el ángulo formado entre el cuello femoral y su eje longitudinal. Se aproxima a los 150° en recién nacidos, se reducirá hasta los 125°-135° a los 6 años de edad, y en la edad adulta se considera normal 125° (22).

1.2.4 ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

Como en el caso de la articulación de la cadera, se considera normal que las rodillas de los recién nacidos presenten una contractura en flexión. Acompañando a esta posición encontraremos una actitud de genu varum (23).

La movilidad de la articulación de la rodilla:

Plano Sagital: la rodilla de los recién nacidos está flexionada aproximadamente 30° debido a la posición intrauterina, por acortamiento adaptativo de los tejidos blandos y por la maduración del sistema nervioso. Estos dos factores combinados dan lugar a una “flexión fisiológica” en recién nacidos que también se observa en codos, caderas, tobillos y también en rodillas. El desarrollo normal dará lugar a una reducción de esta flexión a los 6 meses de edad, ayudada activamente por la articulación del pie y la elongación de los tendones de los músculos isquio-tibiales posteriores a la rodilla. El niño continuará con dicha elongación y por tanto reducirá la flexión, en la bipedestación y posteriormente moviéndose en carga para comenzar con la postura de bipedestación o para comenzar a caminar (23).

Plano Transverso: La flexión de la rodilla permite la rotación medial de la rodilla respecto al fémur. La postura intrauterina mantiene las rodillas flexionadas, con una rotación tibiofibular medial. Tanto la musculatura como la tensión de los ligamentos y la cápsula articular están favoreciendo la medialización desde la postura intrauterina. Los ligamentos y la cápsula articular deben fortalecerse para permitir la rotación lateral de la pierna, como ocurre en la extensión de la rodilla. Esta rotación lateral es esencial para la estabilidad de la rodilla y la eficacia del bloqueo y desbloqueo que posteriormente necesitará la rodilla para la marcha. Aproximadamente 5° de rotación lateral de la pierna se puede alcanzar con los últimos 10° de extensión para hacer congruente la articulación. El rango de movimiento aumentado en los niños menores de tres años refleja la movilidad muscular y de tejido conectivo de esta inestable articulación. Este rango de movimiento normalmente es de 50° aproximadamente en recién nacidos. Si la capacidad de rotación lateral de la articulación de la rodilla es menor o no sobrepasa 0° en el plano transverso no es reductible y persiste, se considera como “Medial Genicular Bias”(Tendencia a medial de la rodilla). Medial Genicular Bias debe distinguirse de la menos común y verdadera “Torsión Tibial Medial”

que es una deformidad ósea que tiene una presentación similar y confundible para los clínicos inexpertos. Normalmente los niños comienzan a gatear entre los 5 y los 9 meses de edad. Mientras que hay una considerable variación sobre las edades para comenzar a caminar (10 y 16 meses), la mayoría de los niños comienzan a caminar entre los 12 y 14 meses de edad, y la acción de la extensión de la rodilla y de la cadera favorece la rotación lateral de la pierna a nivel de la rodilla (23,24).

Plano frontal: La rodilla del recién nacido presenta genu varum en el plano frontal, que se reduce en los 6 primeros meses y continúa su reducción hasta los 2 años aproximadamente. El grado de angulación en varus está discutido entre autores con un ángulo tibio-femoral de 17° aproximadamente en recién nacidos (24). Clínicamente, la curvatura de la rodilla está representada por la distancia entre los cóndilos mediales, con los maléolos tibiales unidos (Figura 5) (7). Se ha observado que esta distancia tiene un valor medio de 3 cm en recién nacidos. Normalmente hay una reducción rápida del genu varum en los primeros 12-24 meses de vida. La distancia intercondílea alcanza los 0° sobre los 12-18 meses (23,25), y después llega a ser negativo a los 3 años de edad (25). En este caso se observa unos 3 cm de distancia intermaleolar. El genu varum después de los 2 años se considera anormal (23). La Enfermedad de Blount (tibias varas) es una consideración diagnóstica a tener en cuenta si el genu varum no se reduce o es asimétrico en niños de 2 o más años (26). Las fuerzas musculares seguirán modelando la postura hasta llegar a la postura de genu valgum, con una angulación tibio-femoral de 12° aproximadamente, que se resolverá con la madurez en unos 5° de normalidad a los 8-10 años de edad (23).



Figura 5. Genu varum hacia genu valgum. Transición fisiológica respecto a la edad en el plano frontal.

1.2.5 ARTICULACIÓN DEL TOBILLO

El complejo articular del tobillo está compuesto por las caras articulares de la tibia, el peroné y el astrágalo. El movimiento principal ocurre en el plano sagital y la posición más estable para el tobillo es la dorsiflexión, debido a la forma trapezoidal de la tróclea astragalina, acunándose firmemente en la cara distal de la tibia y del peroné. La superficie troclear del astrágalo es más ancha anteriormente y se ajusta más íntimamente entre la tibia y el peroné (en flexión dorsal) que la superficie posterior (en flexión plantar). En dorsiflexión, la tróclea del astrágalo se desliza posterior y medialmente, mientras que en flexión plantar la tróclea astragalina se mueve anterior y lateralmente. Esta forma de la superficie troclear del astrágalo permite un mayor rango de movilidad en flexión plantar (y también de inestabilidad) que en flexión dorsal. La estabilidad lateral de la articulación del tobillo aumenta durante el desarrollo hasta que la longitud del peroné sobrepasa la de la tibia. La movilidad del tobillo en recién nacidos es enorme, debido a la posición intrauterina y a la liberación hormonal materna. Puede haber unos 70° de dorsiflexión y unos 30° de plantar flexión. Esta hipermovilidad se reducirá rápidamente en las primeras semanas de vida. A continuación la movilidad normal de los bebés alcanzará un rango de unos 45°. Por la misma razón el retropié aparecerá inicialmente en una posición varizada (5,10,27,28).

1.2.6 ARTICULACIÓN SUBASTRAGALINA

La función de la articulación subastragalina consiste en la adaptación del pie al suelo (al plano transversal) mediante movimientos triplanares de pronación y supinación. La articulación subastragalina y su eje de movimiento han sido estudiados e investigados mucho más que la articulación mediotarsiana (29,30). Su eje de movimiento se localiza aproximadamente a 45° en el plano transversal y a unos 15° en el plano sagital (29). Las posibles variaciones de la postura de este eje se encuentran dentro de un rango de entre 20° y 60° en el plano transversal (31). La postura de este eje determinará la cantidad de movimiento de la articulación en cada plano. Por tanto, si la postura del eje cambia también se verá alterada la movilidad y la postura del pie (32).

En el nacimiento, la articulación subastragalina tiene una actitud en varo respecto a la pierna de aproximadamente 10°. A los 12 meses de edad el calcáneo descansa a unos 10° de valgo en cadena cinética cerrada como compensación a la cadena cinética abierta. A partir de este momento, el valgo de retropié se irá reduciendo lentamente hasta los 6-8 años de edad (5,28).

1.2.7 ARTICULACIÓN MEDIOTARSIANA

Tradicionalmente el complejo articular del tarso medio se ha considerado compuesto por la articulación astrágalo-escafoidea y la articulación calcáneo-cuboidea. Actualmente, también se tienen en cuenta las articulaciones calcáneo-escafoidea y la cuboides-escafoidea como parte de este complejo funcional. También se ha considerado que la función de esta articulación es la de minimizar las fuerzas en el plano transversal entre el suelo y la pierna (29). El modelo de doble eje ha predominado hasta finales de los años 90 (30). Investigaciones más recientes han propuesto un modelo funcional con un solo eje, alternativo a los planos cardinales del cuerpo (33).

En el nacimiento, el antepié de los recién nacidos está invertido entre 10°-15° respecto al retropié, manteniendo la “postura del rezador” intrauterina, con los tejidos blandos mediales acortados. A veces puede encontrarse una torsión del astrágalo definida como un giro entre la cabeza y el cuello del astrágalo, que podría incluir aducción (5,10,28).

1.2.8 PRIMER RADIO

El primer radio hace referencia al complejo formado por el cuneiforme medial y el primer metatarsiano. El eje del primer radio tiene una orientación opuesta a la de los ejes de las articulaciones subastragalina y mediotarsiana. El eje suele posicionarse a 10°-20° en el plano transversal en niños y en 15°-30° en el plano transversal en adultos, y se desvía del plano sagital unos 50° (10). El eje del primer radio permite dorsiflexión e inversión con pronación de la cadena cinética cerrada y plantarflexión y eversión con supinación de la cadena cinética cerrada. La bisección longitudinal del primer radio llega a ser casi paralela a la del astrágalo en el plano transversal (19).

Respecto al desarrollo normal de miembros inferiores en los primeros años de vida, existen valoraciones para las que se encuentra consenso en la comunidad científica:

1. La columna inicialmente flexionada se desarrolla hacia lordosis lumbar y cervical.
2. El rango de movilidad de la cadera es inicialmente más lateral que medial (aproximadamente a razón de 2:1), y se equipara sobre los 3 años de edad.
3. La torsión femoral en el nacimiento es de aproximadamente 40° hacia medial y se reduce hasta los 10° con la madurez del esqueleto.
4. En el nacimiento se considera normal el Genu Varum, pero anormal después de los 2 años de vida.

5. El Genu Valgum alcanza su valor máximo a los 4 años de edad, con unos 10° entre el fémur y la tibia.
6. La torsión tibial es mínima en el nacimiento y alcanza unos 20° a los 8 años de edad (según imagen de CT).
7. El eje transmaleolar se aproxima a los 25° hacia lateral.
8. El rango del ángulo muslo-pie va desde 10° de adducción al nacer hasta los 20° de abducción a los 2 años de edad y se aproxima a los 20°-30° a los 8-10 años de edad.
9. La dorsiflexión del tobillo se reduce aproximadamente desde los 40° del recién nacido hasta los 5°-10° residual para la marcha normal.
10. El retropié presenta una inversión de unos 10° respecto a la pierna en recién nacidos, dando lugar a unos 10° de eversión en los inicios de la marcha, y se reducirá hacia la verticalidad o suave eversión a los 6-8 años.
11. El antepié está relativamente invertido respecto al retropié debido a la postura en el útero, y se reducirá sobre los 6-8 años de edad (7).

1.3 CONOCIMIENTO DEL PIE PLANO INFANTIL

El pie plano en niños y adolescentes es tan común, que la falta de consenso sobre el desarrollo natural y la fisiopatología de esta condición es sorprendente. Existe una gran controversia sobre el papel que juega el pie plano en la salud, y desacuerdo respecto a la indicación de tratamientos. Este hecho se da con tanta frecuencia que pone de manifiesto la cuestión de si muchas de las formas moderadas de pie plano son realmente una parte del desarrollo normal del pie y no un signo patológico (34).

El pie plano es considerado por los padres y por muchos clínicos como una patología, una deformidad que necesita tratamiento simplemente porque existe. Staheli (35,36), sugiere que parte de esta actitud podría ser cultural, porque durante mucho tiempo un arco plantar alto ha sido considerado como un signo de aristocracia, virtud y bienestar y por tanto, bueno. El arco plantar bajo se han considerado tradicionalmente una deformidad, evidencia de una salud pobre, y como algo que necesita ser tratado y por tanto, malo. Esta es la divergencia desde una estructura de pie ideal que supuestamente hace que un arco descendido se considere anormal y que, presumiblemente, resultará a largo plazo en un pie adulto con morbilidad e incapacidad. Contrariamente, los pies con un arco elevado indican desequilibrio muscular y puede ser un signo subyacente de enfermedades como encefalopatías, miopatías,

y otras condiciones patológicas serias. Esto plantea la cuestión de si la mayor parte de las formas de pie plano constituyen un proceso mórbido con síntomas característicos y distintos al desarrollo natural que, si se dejara sin modificar, resultaría ser incapacitante. Sólo entonces podría decirse que el pie plano es una patología. El pie plano se consideraría un problema médico sólo cuando desarrolle síntomas. La mera ausencia de un arco longitudinal medial bien formado no implica necesariamente una condición patológica (37).

El pie plano en la infancia continúa generando preocupación en los padres, lo cual genera gran demanda de visitas a los profesionales de la salud para su diagnóstico y tratamiento. Los mismos padres han podido ser diagnosticados de pie plano en su infancia, han podido llevar zapatos especiales, soportes plantares e incluso quizás, haber sido intervenidos quirúrgicamente. Pueden ser conscientes de que existen factores predisponentes como la herencia genética, laxitud ligamentosa y la asociación con otros síndromes. Suponen que los tratamientos disponibles para el pie plano pueden cambiar el desarrollo del pie e influir positivamente en la función y la anatomía de los pies de sus hijos a largo plazo. A veces, si el clínico al que consultan no considera necesario el tratamiento, suelen visitar varios clínicos hasta encontrar a alguien que satisfaga su necesidad (34).

Existen lagunas considerables en nuestro conocimiento sobre el pie plano. La terminología respecto al movimiento del pie es confusa. No hay acuerdo sobre el nombre de esta entidad; pie plano, pes planus, pes valgoplanus, talipes valgus y síndrome de pronación. Es una lesión anatómica y no un diagnóstico o incluso una condición singular. Es una colección de entidades que se agrupan porque comparten características similares (38,39).

Es desafortunado que el término “pie plano” goce de un uso universal. Es engañoso porque se concentra sólo en un componente del plano sagital y en el área de contacto con el suelo, excluyendo los otros planos. El pie plano es una deformidad triplanar. Aunque la deformidad se da en los 3 planos, normalmente predomina en uno de ellos. Es lo que se ha denominado “planal dominance” (40,41). Como la investigación continúa, se está prestando menos atención a la articulación subastragalina y más al complejo articular astrágalo-calcáneo-escafoideo (acetabulum pedís) (42–44).

El American College of Foot and Ankle Surgeons financió un proyecto para desarrollar una guía clínica de recomendaciones para el diagnóstico clínico y el tratamiento del pie

plano (45). Publicado en 2004, los investigadores identificaron varias subcategorías de pie plano infantil, incluyendo pie plano flexible, pie plano rígido, “skewfoot deformity” y pie plano infantil asociado a otras patologías específicas.

El pie plano flexible fue dividido en “fisiológico” y “no fisiológico”. El pie plano flexible no fisiológico podría ser “sintomático” o “asintomático”. El pie plano rígido fue dividido en “pie plano convexo congénito”, “pie plano asociado a coaliciones tarsales”, “pie plano asociado a espasticidad peroneal sin coalición tarsal” y “pie plano iatrogénico”. El pie plano “skewfoot” combina una pronación severa de retropié junto con un antepié en adductusvarus rígido. Los pies planos asociados con otras lesiones son causados por patologías neurológicas y/o musculares, síndromes y alteraciones vasculares y del colágeno. No existe una relación progresiva entre el pie plano flexible y las deformidades rígidas. Un pie plano flexible no llega a convertirse en un pie plano convexo congénito y normalmente no evoluciona a pie plano rígido en la mayoría de los casos (34).

Existe dificultad incluso en definir pie plano flexible. Se está de acuerdo en que el pie presenta un arco normal en descarga, y cuando carga en el suelo este arco se aplana. Es difícil reconocer la transición de fisiológico a patológico (46). El pie plano flexible “no fisiológico” progresa en el tiempo en lugar de mejorar. Es más severo que el pie plano flexible fisiológico y presenta una eversión del calcáneo excesivo junto con inestabilidad de la articulación astrágalo-escafoidea. El signo de “tight heel cord” y la alteración de la marcha están comúnmente asociados al pie plano flexible no fisiológico (47).

La mayoría de los pies planos flexibles son fisiológicos, asintomáticos y no requieren tratamiento (48,49). Normalmente, el pie plano fisiológico se va mejorando con el tiempo. Los niños con pie plano flexible asintomático, no obstante, deben ser revisados periódicamente para observar que se desarrollan correctamente y vigilar la aparición de síntomas o signos de progresión. Es difícil identificar factores clínicos en niños jóvenes que pudieran llevarnos a cambios en la clasificación. La evaluación inicial de los niños debe ser meticulosa. La progresión requiere una continua evaluación de los valores medidos para buscar posible dolencias subyacentes. El pie plano rígido se identifica por un arco descendido y rígido en descarga y en carga. Existe poca polémica sobre el pie plano rígido, skewfoot y el pie plano asociado a anormalidades neuromusculares, síndromes congénitos y alteraciones del colágeno, que son claramente patológicos y necesitan tratamiento. No

existen datos que sugieran que estas formas de pie plano infantil tengan un desarrollo natural que pudiera resultar en una mejora clínica en el tiempo. El caso del pie plano flexible mucho menos claro (34).

1.3.1 EL PIE PLANO INFANTIL FLEXIBLE

La controversia está relacionada con este miembro del espectro del pie plano conocido como pie plano flexible. ¿Deberían estar agrupadas conjuntamente todas las formas de pie plano flexible? ¿Son todas estas formas patológicas? Hay poco debate sobre la necesidad de tratar todas aquellas formas de pie plano que claramente son patológicas. Existe la presunción de que todo pie plano flexible es enfermedad. El control agresivo de la pronación ha sido defendido históricamente (50). Hay poco debate respecto a los trastornos o dolencias experimentadas por los niños. Parece ser que es la alteración anatómica lo que se ha considerado objetable. Por tanto, si el pie plano flexible se da con frecuencia, es asintomático y sin morbilidad a largo plazo, entonces ¿cuándo está justificado su tratamiento? (34).

El pie plano flexible asintomático está casi universalmente presente en niños y niñas de entre 1 y 2 años. Esta gran prevalencia ha sido atribuida a varias causas. Una explicación es que el grosor del tejido blando de la planta del pie está compuesto por abundante grasa, lo cual resulta en una apariencia de pie plano. Es difícil estimar una caída del arco real simplemente con el examen físico. El único modo es mediante radiografía estándar antero-posterior y lateral de los pies. Puede resultar difícil realizar esas radiografías en niños pequeños y las técnicas radiológicas pueden variar entre investigadores. Además, la interpretación puede resultar complicada pues, en estas edades, las estructuras óseas del pie no están osificadas completamente. La presunción de que el núcleo de osificación representa la verdadera forma del cartílago de crecimiento ha sido cuestionada. Esto hace que la interpretación radiológica sea difícil porque la edad cambia la localización y forma de los núcleos de osificación hasta que llegan a ser realmente representativos del hueso cercano a su madurez (51–53).

En este grupo de edad también hay que tener en cuenta otras variables. La tibia vara es fisiológica hasta los dos años de edad. Como esto produce una relación de la tibia respecto a la superficie de apoyo en inversión, el único modo de que la columna medial del pie encuentre el suelo es mediante la pronación del retropié. A partir de los dos años de edad, la

mayoría de los niños presentan tibias paralelas o genu valgum. Con estas condiciones, la presencia o ausencia de una pronación anormal se hace más evidente. Antes de los dos años, la marcha se produce con un patrón de rotación externa y abducción. Esta marcha coloca el eje longitudinal del pie externamente a la línea de progresión y permite que la propulsión se produzca por el lado medial del pie. También está la noción equivocada de que toda abducción del pie es un signo de pronación, cuando en realidad la abducción podría ser supramaleolar (54).

Resumiendo, el desarrollo natural del pie plano flexible pediátrico puede ser modificado por factores como laxitud ligamentosa, obesidad, anomalías rotacionales de tibia o fémur, influencia de la tibia, tibia vara patológica, equinus, presencia de “os tibiale externum”, y la presencia de coaliciones tarsales (55).

1.3.2 EL DESARROLLO NATURAL DEL PIE PLANO INFANTIL FLEXIBLE

Existen pocos estudios sobre el desarrollo natural del pie plano flexible tanto si no es tratado como si es tratado. La literatura disponible tiene un mérito cuestionable a la luz de la actual insistencia en la medicina basada en la evidencia, los niveles de evidencia clínica. No existen datos concluyentes que prueben que el pie plano flexible pediátrico lleve a largo plazo, a unas condiciones patológicas en el adulto. La falta de acuerdo respecto a la necesidad de tratamiento del pie plano flexible ha llevado al desarrollo de dos filosofías opuestas, polarizadas y dogmáticas respecto al tratamiento. Hoy en día, los clínicos se ven forzados a tomar decisiones basadas en su propia experiencia personal y conclusiones formadas a partir de la literatura. Es difícil evaluar la validez de las llamadas “conclusiones autorizadas”. Algunas decisiones están basadas en datos pero muchas son “expert opinion”. Incluso aquellas basadas en datos se basan en conclusiones respaldadas por análisis estadísticos que parecen contrarios a la experiencia clínica común (34).

Esta falta de datos afecta a la evaluación de los beneficios a largo plazo del uso de soportes plantares, calzado especial, terapia física y ejercicios. Un estudio relacionado con la cuestión sobre si el calzado especial y los soportes plantares modifican el desarrollo natural del pie plano flexible muestra lo difícil que resulta llevar a cabo un estudio científico prospectivo válido (54). Las intervenciones quirúrgicas por supuesto cambia la anatomía, pero es permanente y no sin riesgos. Cuando la morbilidad potencial y el coste son tenidos en cuenta, llega a ser incluso más imperativo demostrar que dicha intervención es

médicamente necesaria y que es muy probable que se obtengan los resultados propuestos (34).

Hay una historia natural del desarrollo del arco medial en niños que no puede ser negada. Staheli et al. (56) estudiaron a 441 sujetos normales desde 1 a 80 años y concluyeron que el pie plano es frecuente en preescolares, común en niños de primaria y dentro de un rango normal en adultos. Sus recomendaciones para su control fueron documentación y observación.

Gould et al. (57) estudiaron 225 niños desde que comenzaron a caminar y les hicieron un seguimiento durante 4 años. Todos los niños aparentemente normales tenían pies planos determinados por parámetros radiológicos y fotográficos. Los arcos se desarrollaron independientemente del calzado. Los niños que llevaron soportes plantares desarrollaron el arco más rápido. La hiperpronación fue evidente en el 77,9% y presentaban genu valgum el 92,3% de los niños a los 5 años de edad.

García-Rodríguez et al. (58) estudiaron la prevalencia del pie plano flexible en una población de entre 4 y 13 años de edad en Málaga. Clasificaron según la gravedad a una muestra de 1.181 niños de un total de 198.858 niños de primaria. Hicieron tres grupos de edad (4-5, 8-9 y 12-13 años) y clasificaron la huella plantar en tres grados de pie plano. Encontraron en toda la muestra una prevalencia de pie plano de 2,7%. De la muestra, 168 (14,2%) tuvieron tratamiento con soporte plantar, pero sólo 2,7% cumplían los criterios diagnósticos de pie plano. Del grupo que sí cumplía con los criterios diagnósticos de pie plano, sólo el 28,1% fueron tratados. Los niños con sobrepeso de 4 y 5 años presentaban un aumento en la prevalencia de pie plano. Sus datos sugieren que había un excesivo número de niños dentro del grupo que estaban siendo tratados con soportes plantares.

Lin et al. (59) estudiaron el pie plano flexible en preescolares en Taiwan mediante análisis de la marcha. Trescientos setenta y siete preescolares (201 niños y 176 niñas) de entre 2 y 6 años participaron en el estudio. Los resultados mostraron que la edad, la altura, el peso, el ángulo de progresión de la marcha, la presencia de genu valgum fisiológico y la laxitud articular estaban relacionados con el pie plano. Los niños con pie plano en comparación con los que no tenía pie plano, realizaban ejercicios físicos más torpemente y caminaban más despacio según los parámetros valorados en el estudio de la marcha.

Llegaron a la conclusión de que el pie plano no debe ser considerado simplemente como un problema de alineación estática del complejo tobillo-pie, sino que puede ser una consecuencia del cambio funcional dinámico en toda la extremidad inferior.

El et al. (60) estudiaron la morfología del arco longitudinal, la laxitud ligamentosa, el ángulo de progresión del pie, la alineación del talón en el plano frontal y el arco longitudinal. Evaluaron al 82,8% como pies normales o pies levemente planos, y el 17,2% fueron evaluados como pie plano flexibles moderados y severos. Hubo una correlación negativa entre el “arch index” y la edad, así como entre los valores de hipermovilidad articular y la edad.

Pfeiffer et al. (61) estudiaron a 835 niños con edades comprendidas entre los 3 y 6 años, apoyando su diagnóstico en una posición en valgo del retropié y una formación pobre del arco longitudinal interno. La prevalencia de pie plano flexible en este grupo de entre 3 y 6 años fue de 44%. La incidencia de pie plano patológico fue inferior al 1%. El percentil diez de los niños llevaban soporte plantar en el calzado. La prevalencia de pie plano flexible disminuyó desde el 54% en el grupo de niños de 3 años, hasta el 24% en el grupo de niños de 6 años. Hubo más niños que niñas con pie plano (52% vs 36%). El 13% de los niños presentaban obesidad. Finalmente concluyeron que la probabilidad de aparición de pie plano estaba influenciada por la edad, el género y el peso. También concluyeron que más del 90% de los tratamientos indicados para sus pacientes eran innecesarios.

Otros investigadores han estudiado grupos de población específicos para determinar la relevancia del pie plano en el adulto y contrastarla en la población infantil. El clásico artículo de Harris y Beath (47) de 1948, no sólo describió pie plano hipermóvil con acortamiento del tendón de Aquiles, también discutió datos desde 1944 a 1945 del estudio sobre problemas en el pie en el Ejército, de la Royal Canadian Army Medical Corps. Entre 3619 soldados Canadienses, hubo 25 casos de pie plano con hipermovilidad severa asociado a acortamiento del tendón de Aquiles, 192 casos de pie plano con hipermovilidad moderada asociados a acortamiento del tendón de Aquiles, 74 casos de pie plano espástico, y 524 casos caracterizados por un arco medial descendido. Posteriormente concluyeron que, el desarrollo natural del pie plano hipermóvil asociado a tendón de Aquiles acortado, se vuelve más severo e incapacitante con la edad. La incapacidad puede ser leve o no presentarse hasta la

adolescencia, puede empeorar en adultos jóvenes y haber alcanzado estadios severos en adultos de mediana edad.

Forriol y Pascual (62), estudiaron la huella plantar de 1676 escolares (1013 niñas y 663 niños) con edades comprendidas entre los 3 y 17 años. Se dieron cuenta de que los grupos de edades más tempranas presentaron un alto porcentaje de descenso del arco longitudinal interno, sin embargo el porcentaje era mucho menor en los grupos de edad más mayores. Su conclusión fue que el arco longitudinal interno presenta un desarrollo fisiológico desde las edades más tempranas del crecimiento.

Cowan et al. (63) estudiaron a 246 alumnos de infantería del Ejército de US y sus conclusiones no apoyaban la hipótesis de que los sujetos con el arco longitudinal medial más descendido tengan mayor riesgo de lesionarse.

Rudzki (64) estudió 350 hombres en el Ejército Australiano, y concluyó que el pie plano no era un factor significativo para el desarrollo de lesiones durante el entrenamiento de los reclutas.

Hogan and Staheli (65) investigaron el concepto respecto a si el tratamiento de el pie plano flexible infantil prevendría su desarrollo en la edad adulta. Los defensores de no tratar el pie plano flexible infantil se apoyan en los estudios sobre militares en los que concluyen que el pie plano flexible no es una fuente de lesiones e incapacidad en los soldados. Ellos estudiaron a 91 hombres y mujeres adultas civiles, con actividad física, y no encontraron relación entre la configuración del arco medial y la presencia de dolor, sugiriendo que en la población civil, la presencia de pie plano flexible no es fuente de lesiones. Concluyeron que su estudio era coherente con estudios previos y que proporcionó más evidencia contra el tratamiento del pie plano flexible infantil.

Abdel-Fattah et al. (66) estudiaron a 2100 soldados con edades comprendidas entre 18 y 21 años en el Ejército de Arabia Saudí. La incidencia de pie plano fue de 5%, Su conclusión fue que los antecedentes familiares, el uso de calzado en la infancia, la obesidad y la residencia en la ciudad fueron factores significativos asociados al pie plano. Debido a que las quejas registradas entre los casos no estaban relacionadas con el pie plano, concluyeron que el pie plano no parecía ser causa de ninguna discapacidad.

1.3.3 FORMATOS DE IMAGEN PARA EL DIAGNÓSTICO

Análisis de la huella plantar

Para diagnosticar y realizar un seguimiento del desarrollo natural del pie plano flexible, se necesitan varios tipos de imagen. La huella plantar es poco costosa y fácil de obtener, pero resulta difícil estandarizar y de interpretar. Además, la huella plantar representa simplemente el área de contacto de la superficie plantar del pie, y no muestra información respecto a la relación entre huesos (Figura 6) (67). La imagen radiológica se usa con más frecuencia pero sufre el mismo problema con las técnicas de estandarización de la posición y el ángulo focal. Tanto la huella plantar como la radiografía tienen problemas respecto a la validez y fiabilidad interobservador e intraobservador (Figura 7) (68).

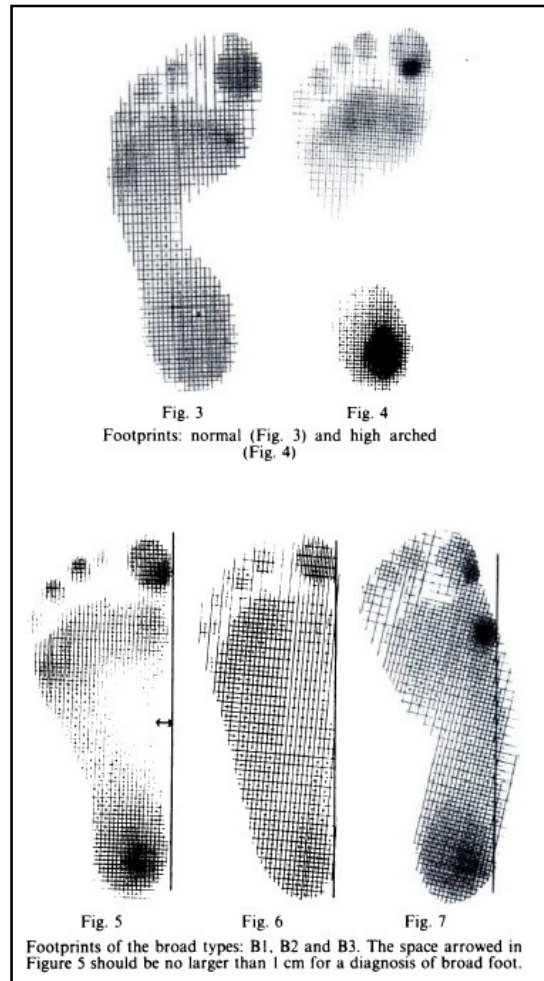


Figura 6. Huella plantar de diferentes tipos de pie.



Figura 7. Mediciones frecuentes en Rx lateral.

El et al. (60) estudiaron 579 escolares de infantil y evaluaron la laxitud articular generalizada, el ángulo de progresión del pie, la alineación posterior del calcáneo y la altura del arco longitudinal en dinámica. Obtuvieron la huella plantar y concluyeron que hay una correlación negativa entre la altura del arco longitudinal y la edad, y entre los valores de hipermovilidad articular

y la edad, y que tanto el pie plano flexible como la hipermovilidad articular son rasgos normales del desarrollo.

García-Rodríguez et al. (58) estudiaron la incidencia del pie plano flexible en una población de escolares de entre 4 y 13 años, y clasificaron sus huellas plantares en tres grados de pie plano. Determinaron que la prevalencia de pies planos fue de 2,7% de una muestra de 1181 escolares.

Kanatli et al. (69) estudiaron la relación entre los ángulos medidos sobre radiografía y los valores obtenidos del Índice del Arco, obtenidos de 38 niños con pie plano flexible. Concluyeron que el análisis de la huella plantar podría usarse tanto para valoraciones individuales en consulta como para estudios de screening.

Mickle et al. (70) usaron la huella plantar para estudiar un grupo de escolares infantiles australianos y determinar si el pie plano flexible está relacionado con el género. Concluyeron que en los chicos se presenta el pie plano flexible más que en las niñas. Este resultado se debía a que el pániculo adiposo plantar era más delgado en los niños.

Análisis Radiológico

La radiología tiene un rol histórico en el diagnóstico y seguimiento de los pies planos. Algunos estudios se han apoyado excesivamente en este tipo de imagen. Desde 1944 hasta 1945 el Cuerpo Médico de la Real Armada Canadiense estudió a 3619 sujetos con radiografías (47).

Akcali et al. (71) estudió a 20 niños con pie plano flexible y torsión tibial externa, y un grupo control de 10 niños con pie plano flexible sin problemas torsionales. Se les realizó radiografía en bipedestación y se les midió el ángulo de declinación del astrágalo, el ángulo astrágalo-primer metatarsiano, y el ángulo astrágalo-calcaneal dorsoplantar. La torsión tibial se midió mediante tomografía computerizada (TC). En el grupo de torsión tibial externa identificaron un aumento de la declinación plantar del astrágalo, y un aumento del ángulo de declinación astrágalo-calcaneal en la proyección dorso-plantar. También se observaron casos de prominencia escafo-cuneana en el aspecto medial del pie. Su conclusión fue que la torsión tibial externa anormal podría afectar a la deformidad del pie y que puede cambiar el desarrollo normal del pie plano flexible infantil.

Harty (72) identificó alteraciones del pie infantil mediante imágenes a modo de reto de trabajo. Concluyó que las radiografías bien posicionadas y con la exposición óptima pueden ofrecer muchas respuestas. Las imágenes de TC y de resonancia magnética (MRI) se necesitan con frecuencia para proporcionar información adicional para ayudar en la evaluación y seguimiento de alteraciones del pie, tanto congénitas como agudas, el posicionamiento de los niños puede resultar difícil porque pueden no colaborar adecuadamente. Por tanto, la interpretación del estudio podría quedar a merced del técnico que realiza la proyección.

Pehlivan et al. (73) evaluaron los valores radiológicos para distinguir entre pies planos flexibles sintomáticos y asintomáticos en hombres jóvenes. Concluyeron que un incremento del ángulo lateral del astrágalo-primer metatarsiano podría ser un importante factor de riesgo para el desarrollo de síntomas pies planos flexibles normales.

Kuhn et al. (74) evaluaron radiológicamente pies planos flexibles de pacientes con y sin soportes plantares. Concluyeron que se apreciaba una mejora estadísticamente significativa en la alineación del pie en carga con el uso de soportes plantares. También concluyeron que su estudio respalda el uso de soportes plantares a medida para mejorar la alineación estructural del pie.

Valderwilde et al. (75) desarrolló un estudio de medición radiológica del pie en niños con normalidad para establecer unos valores radiológicos estándar, mediante la evaluación de radiografías en carga de 74 niños normales ingresados en un hospital por otros problemas diferentes a los ortopédicos. Examinaron a niños de edades comprendidas entre los 6 meses y los 127 meses, y fueron agrupados en 10 grupos de edad. Las posiciones para la radiografía fueron dorsoplantar, lateral verdadera y en máxima dorsiflexión lateral. En las proyecciones dorsoplantares las rodillas se posicionaron en flexión y el rayo central se dirigió hacia el astrágalo. Midieron el ángulo astrágalo-calcaneal, el ángulo calcáneo-quinto metatarsiano y el ángulo astrágalo-primer metatarsiano. En la radiografía lateral midieron el ángulo astrágalo-calcaneal, el ángulo tibio-calcaneal, el ángulo tibio-astragalino, el ángulo astrágalo-primer metatarsiano, y el ángulo astrágalo-horizontal. También midieron los ángulos astrágalo-calcaneal y tibio-calcaneal en dorsiflexión máxima. El índice astrágalo-calcaneal se calculó sumando los valores de los ángulos astrágalo-calcáneo de las proyecciones dorsoplantares y laterales. Sus conclusiones fueron que tanto las niñas como

los niños, así como lados derecho e izquierdo tenían resultados similares. Los ángulos astrágalo-calcaneal dorsoplantar y calcáneo-quinto metatarsiano disminuían con la edad. Los ángulos astrágalo-calcaneal lateral y astrágalo-primer metatarsiano disminuían menos con la edad. Los ángulos tibio-astragalino lateral y astrágalo-calcaneal en máxima dorsiflexión mostraron la menor disminución con la edad.

Bleck y Berzins (76) estudiaron el pie plano en niños utilizando el “Helfet heel seats” o también llamado soporte plantar “UCBL” (University of California Biomechanics Laboratory). Ellos llamaron a este tipo de deformidad pes valgus con astrágalo plantarflexionado flexible. Un examen prospectivo de 71 casos reveló que el 79% de los pacientes tratados durante más de un año tuvieron mejoras clínicas y radiológicas. Recomendaron el tratamiento mediante “Helfet heel seat” si el ángulo de plantarflexión del astrágalo se encuentra entre 35° y 45°, y el “UCBL shoe insert” si el ángulo de plantarflexión del astrágalo es mayor de 45°.

1.3.4 NIVELES DE EVIDENCIA CIENTÍFICA

Estudios de Casos-control, Series de casos y Artículos de Opinión de Expertos principalmente

Los niveles de evidencia para investigaciones primarias, estudios de casos-control (nivel III), series de casos (nivel IV), y artículos relacionados con opinión de expertos principalmente son los menos fiables. Sin embargo, hay muchos artículos de este tipo en la literatura (34).

Bahler (54) trató el control de la formas más pronunciada de pie plano flexible con el uso de varios tipos de plantillas y además, diferenció cinco componentes en el desarrollo del pie plano flexible. Concluyó que la forma moderada de pie plano flexible es fisiológica pero la forma más pronunciada debe tratarse.

Wenger y Leach (77) expusieron que el pie plano flexible es una manifestación de la constitución laxa de ligamentos y articulaciones y que parece anormal debido al estrés que genera en carga. Concluyeron que la mayoría de los niños con pie plano flexible consiguen una corrección parcial espontánea durante el desarrollo, y que la investigación que había hasta el momento de escribir su estudio no estaba documentado que el tratamiento con

zapatos correctores o soportes plantares produjeran mejores resultados que dicha corrección parcial que ocurre naturalmente.

Jani (78) resaltó la dificultad en reconocer la transición de un pie plano flexible desde una condición fisiológica a una condición patológica, lo cual hace que la valoración para decidir si es necesario el tratamiento se hace muy difícil. Él cuestionó la utilidad de los soportes para el arco plantar. Sin embargo, consideraba que el tratamiento estaba bien indicado para casos severos de deformidades de pie plano reconocidos por un valgo de talón de más de 20° y pérdida del arco plantar medial. Los resultados de un examen prospectivo de casos de pies planos flexibles tratados y no tratados sugirieron que el valor de los soportes con arco plantar que tan extendido está es más que cuestionable.

Zollinger y Fellmann (46) además dieron cuenta de la dificultad en separar las características normales de los pies de los niños de las condiciones patológicas. Para ellos fue objeto de disputa si el pie plano flexible desaparece o no con el crecimiento. ¿Hubo poca importancia patológica si persistió en adultos? La diferenciación se hace entre un curso del desarrollo benigno y sin dolor, sin restricciones funcionales y las deformidades patológicas que requieren tratamientos conservadores o quirúrgicos. Zollinger y Exner (79) manifestaron que el espectro de variaciones normales en los pies de los niños es extremadamente amplio y con frecuencia difícil de separar de las condiciones patológicas. Ellos concluyeron que normalmente, el pie plano flexible desaparece durante el crecimiento. Incluso, si persiste en la vida adulta, no tiene una importancia patológica real. El curso natural, incluso del pie plano flexible severo en niños, tiende a tener buenos resultados que, con frecuencia, son mejores que los resultados quirúrgicos, y dichos tratamientos deben ser propuestos con mayor prudencia y criterio.

Capello y Song (48) expusieron que los niños nacen con pies planos flexibles y que un arco normal se desarrolla en la primera década de la vida. Concluyeron que el pie plano flexible raramente causa discapacidad, y que los niños asintomáticos no deberían ser agobiados con ortosis o calzado correctivo. El pie plano flexible con “Tight Heel Cords” podría llegar a ser sintomático y puede ser tratado con un programa de ejercicios de fortalecimiento. La intervención quirúrgica para el pie plano flexible está reservada para pacientes que tienen síntomas localizados persistentes a pesar de los tratamientos

conservadores. El pie plano rígido o patológico tiene multitud de causas posibles, y muchos de ellos necesitarán tratamiento para mejorar la función o aliviar los síntomas.

Hefti y Brunner (80) se dieron cuenta de que muchos padres estaban preocupados por la insuficiencia del arco del pie de sus hijos. Expusieron que el arco plantar puede estar aplanado fisiológicamente debido a un hipervalguismo del retropié, y que esos pies no necesitan tratamiento.

Li y Leong (81) agruparon la marcha hacia adentro, el pie plano flexible, el genu varum y el genu valgum en una categoría de problemas fisiológicos que ocurren en niños normales.

Sullivan (49) observó que la incidencia exacta de pie plano en niños es desconocida pero, al mismo tiempo, es un hallazgo muy común. Él manifestó posteriormente que todos los niños tienen un arco mínimo al nacer, y que más del 30% de neonatos tienen deformidad de calcáneo en valgo en ambos pies. Concluyó que ese calcáneo valgo no es doloroso y que generalmente se resuelve sin tratamiento. Lo mismo ocurre con el pie plano flexible. Su recomendación fue que el examinador debe descartar la existencia de esas condiciones que sí requieren tratamiento.

Intentos de estudios de Alto Nivel

Whitford y Esterman (82) desarrollaron un ensayo clínico aleatorizado de dos tipos de plantillas en niños con pie plano flexible con una pronación excesiva en edades comprendidas entre los 7 y los 11 años. Realizaron el diagnóstico observando la eversión del calcáneo y la caída del escafoides (navicular drop test). Ellos no encontraron evidencia para justificar el uso de plantillas para el control de la pronación excesiva flexible en niños.

Evans (83) estudió la relación entre los llamados dolores del crecimiento y la postura del pie en niños, investigando las quejas de los dolores en piernas y su relación con la pronación de la postura del pie, usando 8 diseños experimentales de tipo single-case. Parece ser que la postura del pie puede provocar dolores en miembros inferiores y estos casos pueden ser tratados con frecuencia con soportes plantares. Esta intervención probó su utilidad para los niños con la postura del pie pronada y dolores en miembros inferiores. Cuatro años más tarde, Evans y Scutter (84) compararon la postura del pie con el estado de salud funcional entre niños de entre 4 y 6 años, con o sin dolores en las piernas, y llegaron a la conclusión de

que la altura del escafoides no fue predictivo para los dolores del crecimiento en las piernas. Además, concluyeron que no había soporte para mantener la teoría anatómica de los dolores del crecimiento y no encontraron una relación significativa entre la postura del pie o las medidas de salud funcional y el dolor de piernas en jóvenes.

1.3.5 FISIOPATOLOGÍA

La comprensión de la patología del pie se base en medidas anatómicas a nivel experimental, teorías biomecánicas y en las observaciones clínicas en la atención al paciente. Los estudios anatómicos datan de entre los años 1930 y 1940, los cuales condujeron posteriormente a la Teoría biomecánica de Root sobre la función del Pie. Este enfoque sobre las alteraciones del pie se apoya fuertemente en la biomecánica de la articulación subastragalina y la relación entre el retropié y el antepié en el plano frontal. Como consecuencia natural del nuevo conocimiento ganado, el enfoque de Root a la biomecánica del pie no supone un desafío tan grande pero merece ser tenido en cuenta (34).

La mayor parte de la teoría biomecánica de Root está basada en la posición neutra de la articulación subastragalina. Sin embargo, es anatómicamente imposible definir cuál es la posición neutra de la articulación subastragalina con algún grado de precisión. Al menos 4 técnicas han sido descritas. La primera, es tradicionalmente definida como la posición que el calcáneo ocupa cuando está situado en el primer tercio dentro del rango de movimiento de la articulación subastragalina partiendo de la posición de eversión máxima. La segunda técnica consiste en alinear el aspecto lateral del calcáneo con el peroné. La tercera supone palpar la articulación astrágaloescafoidea y la posición neutra sería aquella en la que la totalidad de la cabeza del astrágalo que cubierta por el escafoides. La cuarta, ha sido descrita como aquella posición en la cual el pie no está pronado ni supinado.

Kirby (85) introduce el concepto de “función del pie” basándose en la localización espacial del eje de la articulación subastragalina en relación con las estructuras de carga a nivel plantar. Utiliza el concepto de equilibrio rotacional de la articulación subastragalina para explicar cómo las fuerzas generadas externamente, tales como las fuerzas de reacción del suelo, y las fuerzas generadas internamente, tales como las fuerzas tensiles de ligamentos y tendones, y las fuerzas de compresión articular afectan al comportamiento biomecánico del pie y del miembro inferior.

McPoil y Cornwall (86) encontraron que, contrariamente a las teorías publicadas anteriormente, la posición neutra del retropié para un patrón de movimiento de retropié durante el ciclo de la marcha, resultó ser el tope del movimiento más que la posición neutra de la articulación subastragalina. Está claro que equiparar la patología del pie plano con la función de la articulación subastragalina es una simplificación excesiva de un área anatómica extremadamente complicada.

Ball y Afheldt (87) desafiaron la teoría ortésica de Root y expusieron que las técnicas de moldeado y evaluación de los sopores plantares tenían una fiabilidad pobre y no estaba probada su validez y que sus métodos poco convincente. También discutieron el concepto de que la pronación excesiva del pie conducía a una excesiva pronación y que los soportes plantares proporcionarían efectos beneficiosos para el pie mediante el control de la inversión/eversión del retropié. Esta fue su disputa, si el control de la rotación tibial externa/interna es el factor más significativo para el mantenimiento de un adecuado mecanismo de pronación/supinación. También sugirieron que la influencia de la propiocektividad también juega un rol importante en la biomecánica del pie.

La mayor parte de la literatura se centra en una inadecuada superficie de contacto plantar con el suelo y en un fallo en la estructura del pie en el plano sagital (caída o pérdida del arco longitudinal medial). La pronación anormal es triplanar. Es corriente encontrar deformidad en los 3 planos, pero normalmente esta deformidad se presenta más pronunciada en uno de los planos. Esta tendencia ha conducido al concepto de dominancia planal (39). Reconociendo el plano de mayor componente de deformidad, las opciones de tratamiento pueden ser seleccionadas con mayor precisión. La deformidad en el plano frontal puede reconocerse por un marcado incremento de movimiento en eversion a nivel de la articulación subastragalina. En el plano transversal la pronación se reconoce por la inestabilidad de la articulación astrágalo-escafoidea sin una eversion excesiva del talón y sin fallo de la columna medial en el plano sagital. En el plano sagital la pronación se puede identificar porque invierte la postura del primer radio hacia flexión dorsal. Este rasgo se puede observar en la inspección clínica pero se hace más evidente en la radiografía lateral en carga. Actualmente se está poniendo más énfasis en la evaluación del retropié como si fuera un complejo articular astrágalo-calcáneo-escafoideo unido (el acetabulum pedis) (42–44).

Hay ciertos aspectos de la fisiopatología del pie plano que no presentan controversia. Las estructuras de pie plano pronado doloroso con retropié rígido suelen estar causado por coaliciones tarsales. Barroso et al. (88) colocaron la incidencia de las coaliciones tarsales congénitas en 1% aproximadamente y las reconocieron como la principal causa de pie plano rígido doloroso en la población pediátrica. Blakemore et al. (89) también identificaron a las coaliciones tarsales como la mayor causa de pies planos rígidos dolorosos en niños y en adolescentes. Reconocieron a las coaliciones tarsales astrágalo-calcánea y calcáneo-escafoidea como los dos tipos más comunes. Lowy LJ (90) expuso la espasticidad peroneal pediátrica como causa de pie plano rígido en ausencia de coaliciones tarsales.

La causa de pie plano flexible es desconocida. Hay evidencia de que existe una tendencia de carácter genético hacia la pronación excesiva. No es inusual ver el pie plano flexible entre hermanos y hermanas, e incluso que esté presente en varias generaciones anteriores. Un diagnóstico adicional como puede ser la laxitud ligamentosa y la hipotonía, se presentan frecuentemente en combinación con el pie plano flexible. Esta combinación suele ser el punto en el que el pie plano flexible deja de ser fisiológico para llegar a ser patológico. El pie plano flexible puede estar influenciado por una tibia vara, un genu-valgum, por una contractura del músculo tríceps sural o un valgo primario de tobillo. Este valgo primario de tobillo suele pasarse por alto en la valoración de los pies pronados. Si está presente, la eversión del pie llega a ser la suma de la eversión subastragalina más el valgo supramaleolar (34).

1.3.6 DOMINANCIA PLANAL (según Edwin J. Harris)

Desde un punto de vista de la fisiopatología, el pie plano flexible se identifica como una pronación anormal de la articulación subastragalina, algunos grados de luxación de la articulación astrágalo-escafoidea y un aplanamiento del arco longitudinal medial. Hay 4 tipos de pie plano flexible basándonos en el concepto de dominancia planar. El primero es la pronación en el plano frontal, caracterizado por una pronación anormal del calcáneo en dicho plano. Es difícil fijar una cifra específica para la eversión de calcáneo, pero más de 15° se considera excesiva, (Figura 8) (34), (Figura 9 *Autor).



Figura 8. Pronación predominante en plano frontal.



Figura 9. Pronación predominante en plano frontal.

La pronación en el plano transversal se caracteriza por la prominencia medial de la cabeza del astrágalo que sobresale de la articulación subastragalina en ausencia de una evasión excesiva de talón. Esta condición aumenta el ángulo astrágalo calcáneo en la visión dorsoplantar y suele presentarse acompañada de ciertos grados de abducción del antepié. La evasión del calcáneo raramente excede de los 10 grados. Las radiografías laterales son sorprendentemente normales. Hay poco o ninguna caída de la columna medial en el plano sagital. Esto da la impresión de que la columna lateral es corta, (Figura 10) (34), (Figura 11 *Autor).



Figura 10. Pronación predominante en plano transversal.



Figura 11. Pronación predominante en plano transversal.

La pronación en el plano sagital implica a los otros dos planos, pero la característica que lo define es la caída de la columna medial a nivel de articulación astrágaloescafoidea, articulación escafo-cuneana, articulación primera cuña-primer metatarsiano o en varias de dichas articulaciones al mismo tiempo (Figura 12) (34), (Figura 13 *Autor).

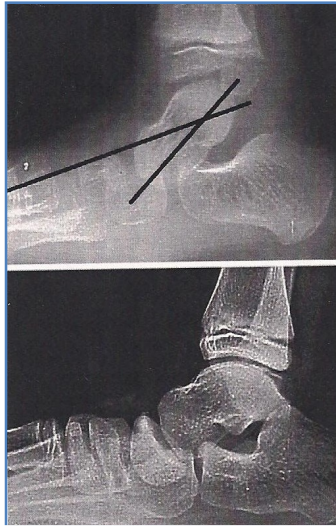


Figura 12. Pronación predominante en plano sagital.



Figura 13. Pronación predominante en plano sagital.

La pronación a nivel triplanar muestra eversión excesiva del talón, prominencia medial de la cabeza del astrágalo y colapso de la columna medial sin ningún tipo de dominancia en ninguno de los planos (Figura 14) (34), (Figura 15 *Autor).



Figura 14. Pronación predominancia triplanar.



Figura 15. Pronación predominancia triplanar.

El antepié varo es normalmente una manifestación de la deformidad dominante en el plano sagital. En la práctica pediátrica, la incidencia de antepié varo antes de los 6 años de edad es casi inexistente, lo cual sugiere que muchos de los antepiés varos en adultos son adquiridos. Respecto a la importancia de la deformidad en equino como una complicación de la pronación no debe estar sobrevalorada. Tal como ocurre con el antepie varo, el equino congénito en el grupo de población pediátrica es poco común. El equino adquirido suele verse por primera vez al final de la primera década de la vida.

Si la flexión dorsal de la articulación del tobillo es inadecuada, la falta de movimiento en el tobillo tiene que ser compensada por la pronación del retropié, o el talón no podría encontrar el suelo para cargar. Este mecanismo de compensación podría requerir una pronación máxima o incluso exceder este límite hasta el punto en el que las superficies articulares del astrágalo y el escafoides estén efectivamente subluxadas.

El ángulo formado por la tibia y el plano de carga, es decir, el suelo también es importante. En niños menores de 2 años, se considera fisiológico que las tibias estén en posición vara. En este caso, para que el aspecto medial del antepie baje hasta el suelo, el retropié tiene que pronar. La tibia vara fisiológica persiste hasta los 2 años de edad aproximadamente, y a partir de esta edad comienza a cambiar lentamente hasta posicionarse en genu-valgum. Esta condición, también fomenta el aumento de la pronación a nivel de retropié. Este mecanismo consistiría en el movimiento del centro de gravedad hacia el lado medial del pie que está en carga, pero habría otras explicaciones posibles para ello. Con frecuencia, el tobillo valgo primario no se tiene en cuenta en la exploración y diagnóstico del pie plano. La incidencia no se conoce exactamente pero, si no se tiene en cuenta, el control del retropié resultará erróneo pues la patología es proximal a la articulación tibio-peronea-astragalina. Además, las ortosis no pueden cambiar la eversión rígida y fija de este complejo pie-tobillo (34).

1.3.7 TALIPES CALCÁNEOVALGO

La posición “talipes calcáneo valgo” ha sido ignorada en gran medida dentro del espectro del pie plano. El estudio del American College of Foot and Ankle Surgeons falló al no mencionarlo (45). Esto puede deberse al uso de la palabra “Talipes”, ya que normalmente se agrupa dentro de las deformidades congénitas de pie y tobillo. Esta deformidad está incluida en varios artículos que tratan sobre deformidades congénitas en miembros inferiores en la infancia (91–95). Algunos investigadores creen que esta deformidad se corrige espontáneamente (46,74). Otros investigadores han estudiado su incidencia en la población.

Nunes y Dutra (96) estimaron la incidencia en 4,2 per 10.000 nacimientos vivos. Su apariencia clínica es característica y peculiar. El pie se encuentra en máxima flexión dorsal a nivel de tobillo, de modo que el dorso del pie se encuentra prácticamente en contacto con el aspecto anterior de la tibia. El complejo calcáneo-astrágalo-escafoides está en posición de pronación máxima. El antepié está abducido. La musculatura del compartimiento anterior de la pierna y del pie puede encontrarse contracturados. Aunque normalmente es semiflexible, presenta cierta resistencia a la supinación pasiva mediante manipulaciones. Este tipo de deformidad suele asociarse a los partos de nalgas. También suele relacionarse con otras patologías del desarrollo en el miembro inferior como la hiperextensión de rodilla o la dislocación de cadera (97).

El diagnóstico diferencial para el talipes calcáneovalgo incluye el arqueamiento congénito posteriomédial de la tibia así como el pie plano valgo convexo congénito (98). Si se presenta una deformidad pura del calcáneo, es necesario verificar que las funciones a nivel de S1 son correctas para excluir una deformidad por parálisis, causada por mielomeningocele y otros problemas neurológicos. El examen del contorno de la tibia nos puede ayudar a excluir el arqueamiento posteromedial, pero las radiografías son imprescindibles para confirmar el diagnóstico. El pie valgo convexo congénito es similar al “talipes calcáneo valgo”. Una diferencia clave es la extrema rigidez el pie plano valgo convexo congénito. La distinción radiológica se realiza fácilmente. En el estudio de la radiografía lateral, en el caso de la deformidad de calcáneo valgo el tobillo se encuentra en la posición del calcáneo, mientras que en el pie plano valgo convexo congénito el retropié está colocado en equino (99).

El tobillo posicionado a nivel de calcáneo puede corregirse espontáneamente o puede ser tratado mediante vendajes y férulas. La hiperpronación del complejo articular calcáneo-astrágalo-escafoides persistirá en niños sin tratamiento (34).

La deformidad del astrágalo oblicuo fue descrita por Kumar et al. (100). Se describieron dos tipos en función de la posición del calcáneo. En la primera forma, el ángulo de inclinación del calcáneo está preservado y el astrágalo está desviado hacia abajo de manera significativa. En el segundo tipo, el astrágalo está angulado hacia abajo y el ángulo de inclinación del calcáneo está invertido (Figura 16) (34). La deformidad de astrágalo oblicuo

podría permanecer en la hiperpronación del complejo calcáneo-astrágalo-escafoideo dentro de la deformidad de talipes calcáneo valgo.



Figura 16. Radiografía lateral. Astrágalo oblicuo y hundimiento de la bóveda plantar.

1.3.8 REFLEXIÓN (según Edwin J. Harris)

El pie plano es más que un simple arco descendido. Es una condición compleja del retropié que podría ser patológica o no serlo. Se han identificado varios subtipos de pie plano. Diferentes tipos tales como el pie plano valgo convexo congénito (astrágalo vertical congénito), pie plano asociado a coaliciones tarsales, deformidad skewfoot, pie plano complicado con artrosis por traumatismos o iatrogenias, y pie plano asociado a enfermedades sistémicas son claramente casos de pie plano no fisiológico. Pocos argumentos justifican alguna forma de tratamiento para estos tipos de pie plano. Su evolución natural tiende hacia el empeoramiento, desarrollo de síntomas, y secundariamente a cambios en las articulaciones en el tiempo. No existen datos que sugieran alguna mejoría de estos tipos de pie plano en el tiempo (34).

El problema del pie plano flexible es diferente. Existe poca evidencia que apoye si se mejora o empeora con el tiempo, por tanto, es difícil explicar por qué existe tanta

contrariedad y polarización cuando se discute sobre las teorías biomecánicas, qué constituye la normalidad o lo patológico, qué es y qué no es deformidad y sobretodo, cuáles son los pros y los contras del tratamiento (36,101,102).

Al igual que en el manejo de cualquier otra enfermedad, el tratamiento del pie plano flexible debe estar orientado a conseguir una meta. Para ser exitoso, tiene que haber una expectativa razonable de que las metas puedan y sean alcanzadas. El alivio de los síntomas, modificaciones positivas del desarrollo natural y la prevención de futuras complicaciones son todas ellas metas loables. Sin embargo, conseguir dichas metas son a día de hoy no verificables científicamente. Hay cabida en la medicina basada en la evidencia para considerar la evidencia basada en la medicina. La mayoría de las personas que intentan manejar y controlar el pie plano flexible en la infancia, afirmarán que los síntomas clínicos que aparecen en el arco plantar doloroso, la fatiga de las piernas e incluso el posible síndrome de dolor nocturno responden al uso de ortosis. La cuestión real es si existe algo además de la cirugía reconstructiva que verdaderamente modifique la evolución natural. Y a propósito de esta cuestión, ¿pueden estar justificadas las intervenciones quirúrgicas para el tratamiento del pie plano asintomático o marginalmente sintomático? (34).

Por tanto, se necesitan estudios válidos bien diseñados sobre la evolución natural del pie plano flexible, así como de los posibles efectos de su modificación. Actualmente es difícil tanto diseñar como llevar a cabo este tipo de estudios. Las valoraciones se realizan a partir del examen clínico de rangos de movimiento, imágenes, análisis de la marcha e instrumentos de entrevista subjetiva o cuestionarios. La fiabilidad intraobservador e interobservador de la medición clínica de los rangos de movimiento debe abordarse. En el presente, los estudios por imagen parecen estar limitados al estudio de la huella plantar y la radiología. Se pueden realizar estudios de la marcha en laboratorios adecuados, pero se necesita invertir mucho tiempo en ello y son muy caros. La imagen radiológica necesita ser considerada con mayor cautela con que lo ha sido en el pasado. Varios estudios han usado parámetros radiológicos para llegar a sus conclusiones respecto a diagnóstico, desarrollo natural y efectos de tratamientos (47,57,69,71–75). Las mediciones de diferentes ángulos asignan valores numéricos a la relación posicional entre los huesos de un individuo. Para una persona con su esqueleto maduro, estas mediciones se consideran adecuadas y claras. Para un esqueleto inmaduro, estas mediciones asignan un valor numérico a la relación posicional de los núcleos de osificación integrados en el cartílago de crecimiento. El centro de osificación del

astrágalo comienza en su cuello, y el cuerpo se osifica más adelante (51,53,103). El centro de osificación principal del calcáneo se localiza excéntricamente a lo largo de su superficie inferior, en los dos tercios distales del hueso en desarrollo (51,53). También está localizado lateral a la línea media (51). En consecuencia, muchos de los llamados cambios en las mediciones angulares con la edad, que han sido utilizados para documentar/justificar una corrección natural del desarrollo podría ser meramente una representación de la progresión de una osificación normal, mientras que la relación angular entre huesos podría haber permanecido igual.

Es casi imposible diseñar e implementar un estudio sobre el desarrollo natural del pie plano flexible y los efectos del tratamiento. Se requeriría un estudio prospectivo y controlado de una gran población de pacientes. La selección de los participantes tendría que realizarse con unas pautas estrictas. Los sujetos deberían ser estudiados durante al menos 10 ó 15 años. El mayor inconveniente del estudio sería la exposición repetitiva a los rayos-x de los niños, con el único propósito de reunir datos. Por ejemplo, en un estudio que realizó la Royal Canadian Army Medical Corps desde 1944 hasta 1945, a los 3619 participantes se les hizo radiografías (47). Es poco probable que ésto se hubiese hecho hoy en día. Si este estudio ideal que proponemos incluye el tratamiento, sólo hay dos hipótesis. La primera en la que el tratamiento no modifica la evolución natural del pie. En este caso, el grupo de estudio estaría recibiendo un tratamiento innecesario. La segunda, en la que el tratamiento sí modifica la evolución natural del pie, por tanto, el grupo control estaría dejando de recibir un tratamiento que podría ser beneficioso para patología. Esos problemas levantarían serias preocupaciones tanto morales como éticas. Y es poco probable que un estudio de este tipo cuente con la aprobación de las instituciones pertinentes (34).

1.3.9 CONCLUSIONES (según Edwin J. Harris)

Aquellas formas de pie plano que son claramente patológicas no presentan controversia. El problema real es qué hacer con el pie plano flexible. Es complicado justificar el tratamiento de todas las formas de pie plano flexible con la presunción de que con el tratamiento estamos haciendo prevención de posibles patologías en la edad adulta, porque no tenemos datos que apoyen que efectivamente dicha patología pueda aparecer. Es también complicado justificar que se deben limitar los tratamientos con la presunción de que este tipo de pie se corregirá espontáneamente con la edad, ya que la presencia de pie plano flexible en la adolescencia y en la edad adulta prueban que no se han corregido con el

crecimiento. Aunque no está probado, podría ser más seguro realizar el tratamiento para algunos de los casos, con la presunción de que el mantenimiento del pie en una mejor alineación de los huesos durante las etapas de crecimiento rápido, podría prevenir la progresión de un inadecuado desarrollo de los huesos, secundario a la remodelación que se produciría en el proceso de osificación endocondral. Lo mismo se podría decir para el pie plano flexible sintomático, aunque el efecto placebo de “hacer algo” está todavía inexplorado (34).

Hasta que se disponga de datos en los que apoyarse, los clínicos deben hacer juicios basándose en su propia experiencia y en las circunstancias del momento. Sería deseable evitar las situaciones extremas. El enfoque nihilista de no tratar ninguno de los casos no es mejor ni peor que el enfoque de que todo pie plano flexible es un trastorno que necesita tratamiento forzosamente. Esta afirmación es particularmente verdadera respecto al tratamiento con cirugía agresiva en la que se realiza ablación de segmentos de movimiento. Actuar en un punto medio entre los dos extremos parece la opción más apropiada (34).

1.4 FOOT POSTURE INDEX

1.4.1 EL AUTOR

Anthony Redmond es profesor de biomecánica clínica y jefe de la sección de biomecánica clínica y medicina física, en el Instituto de Reumatología y Medicina Músculo-esquelética de Leeds, Facultad de Medicina y Salud, de la Universidad de Leeds. El Profesor Redmond lidera un programa dirigido a explorar las interacciones biológicas y mecánicas en las enfermedades musculoesqueléticas. Tiene más de 60 publicaciones en investigación científica y ha participado como autor en más de una docena de capítulos en los principales libros de texto en su campo. Su publicación *Redmond AC., Crosbie J., Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring foot posture: the Foot Posture Index. Clinical Biomechanics 2006, 21:1; 89-98 (104)* fue el artículo más citado de la revista Journal Clinical Biomechanics durante cinco años en el periodo comprendido entre 2006 y 2011. En Leeds, participa como colaborador en multitud de programas incluyendo The NIHR Leeds Musculoskeletal BRU, The Arthritis Research UK Experimental Osteoarthritis Treatment Centre, the EPSRC Innovations and Knowledge Centre, and The EPSRC Centre for Innovative Manufacturing in Medical Devices - MeDe. Más ampliamente, trabaja como catedrático DMEC en Keele University's Arthritis

Research UK Primary Care Research Centre, es miembro de The Arthritis Research UK Fellowships Implementation Committee, y también es miembro de The Oxford /Nottingham Arthritis Research UK Sports, Exercise and Osteoarthritis Centre of Excellence (105).

En el Australian Podiatry Council National Conference, Canberra, May 16, 2001 (106) Redmond A. et al. presentan por primera vez el Foot Posture Index (FPI), una nueva herramienta visual para valorar la prono-supinación del pie, teniendo en cuenta los tres planos cardinales, como alternativa a los métodos tradicionales. Aunque este primer FPI sufrirá modificaciones posteriormente. Hasta entonces, la falta de una fiabilidad aceptable de la mayoría de las mediciones clínicas del pie, estaba comenzando a reconocerse como un problema, tanto a nivel clínico como de investigación. Varias escalas de valoración de la postura del pie han sido diseñadas para intentar solventar este problema. La mayoría de ellas han tenido en cuenta la condición triplanar del pie, incluyendo escalas observacionales de los tres planos cardinales (67,107,108). Uno de ellos fue el Foot Posture Index.

1.4.2 EL FPI-8. EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

En 2003, AM Evans et al. (109) diseñaron un estudio (single-subjet repeated-measures) para determinar la fiabilidad interobservador e intraobservador del FPI y otras mediciones tradicionales de la postura del pie, para compararlas con el propio FPI. Se denominó FPI-8 y consistía en ocho mediciones específicas que sumadas, resultarían en un valor final de FPI dentro de un rango numérico continuo: palpación de la cabeza del astrágalo, curvatura lateral supramaleolar e inframaleolar, línea de Helbing, posición del calcáneo en el plano frontal, prominencia en la región de la articulación astrágalo-escafoidea, congruencia del arco longitudinal medial, congruencia del borde lateral del pie, y abducción y adducción del antepié respecto al retropié. Cada ítem se valoraba dentro de un rango de 5 puntos (-2,-1,0,+1,+2) en el que -2 significa máxima supinación, -1 supinación moderada, 0 significa posición neutra, +1 pronación moderada y +2 máxima pronación (110).

El resultado total fue utilizado posteriormente para determinar la fiabilidad intraobservador e interobservador de los examinadores respecto a la postura del pie. Las otras mediciones fueron: Navicular Height, Navicular Drop, Resting Calcaneal Stance Position, Neutral Calcaneal Stance Position y Forefoot-to-Rearfoot Measurement como única medición en descarga. Se realizaron tres grupos de participantes por edad; adultos de entre 20 y 50 años, adolescentes de entre 8 y 15 años y niños de entre 4 y 6 años, y se utilizó

el mismo procedimiento para los tres grupos. Los tres grupos de edad sumaban 89 participantes. Concluyeron que el FPI-8 mostraba una fiabilidad moderada en los tres grupos de estudio con valores de ICCs=0,62 (0,47-0,74) en niños, ICCs=0,74 (0,6-0,82) en adolescentes e ICCs=0,58 (0,39-0,72) en la muestra de adultos. Pero intrínsecamente, como escala sumativa, podía resultar potencialmente ambigua, lo cual podría limitar su uso como herramienta clínica o de investigación (109). De hecho, este estudio también realizó la correlación interobservador para cada uno de los ítems o criterios de medición del FPI-8, mostrando diferencias entre ellos como por ejemplo los resultados pobres de la línea de Helbing con (ICCs = 0,17, 0,16 y 0,33) en los grupos de niños, adolescentes y adultos respectivamente. Sin embargo, la prominencia talonavicular fue (ICCs= 0,63) en adolescentes y la congruencia del arco longitudinal medial fue de (ICCs=0,69) en adultos. Por tanto, se consideró que el FPI-8 necesitaba ser analizado para determinar mejor su fiabilidad.

En 2004, de nuevo AM Evans, AC Redmond et al. (111) realizaron una nueva investigación para determinar la validez de criterio, para cuatro de los ocho ítems del FPI. Para este estudio, se eligió la imagen radiológica como “Gold Standard”. El estudio se realizó en dos partes. La primera para determinar la asociación entre los ítems del FPI con las mediciones de la estructura ósea. Después, como los resultados fueron menos concluyentes de lo que hubiese sido deseable, se estudió si los cambios controlados en la postura del pie se reflejarían en los ítems del FPI y se asociarían con los cambios en la imagen radiológica.

En el primer estudio, los cuatro ítems estudiados fueron: palpación de la cabeza del astrágalo, congruencia del borde lateral, abducción y adducción del antepie, y congruencia del arco longitudinal interno. Participaron 16 hombres y 15 mujeres, todos con al menos 40 años. El segundo estudio introdujo más pruebas de los tres primeros ítems de FPI, ya que éstos podían ser medidos con una simple radiografía dorso-plantar y evitar así la segunda proyección lateral, reduciendo la exposición a la radiación de los rayos ionizantes, a los participantes que siguieron en el segundo estudio. Participaron 12 sujetos, y se trató como un estudio piloto.

De los resultados obtenidos cabe destacar que la fiabilidad intraobservador para las mediciones radiológicas demostró correlaciones altas ($r=0,6$ a $0,92$, donde -1 o $+1$ indica

una correlación perfecta) y no resultaron diferencias significativas ($p=0,71$ a $0,99$, donde $p<0,05$ indica una diferencia significativa. Respecto a la relación entre las mediciones radiológicas y los cuatro ítems del FPI mediante medias de Spearman's rho y análisis de la varianza, los resultados fueron pobres ($p= -0,28$ a $0,42$), excepto para la relación entre el ángulo astrágalo-escafoideo versus la palpación de la cabeza del astrágalo, que sí obtuvo una correlación significativa ($p=0,02$). En el segundo estudio, aunque hubo más categorías con resultados significativos, el ítem del FPI más predictivo y relacionado con la medición radiológica fue la palpación de la cabeza del astrágalo.

Concluyeron que la radiografía no era el “Gold Standard” apropiado para el FPI, quizá porque no tiene en cuenta el comportamiento de los tejidos blandos, en el cual se basó la creación del FPI. También se cuestionó si el FPI debería prescindir de algunos de los ocho ítems descritos. Finalmente, el estudio mostró una asociación entre la estructura ósea del pie y la escala del FPI menor de lo esperado, y una asociación más fuerte entre algunos de los ítems del FPI y las mediciones radiológicas con el cambio controlado de posición del pie. Por tanto, el FPI necesitaba una valoración más innovadora para determinar su validez. El FPI proporciona una medida de la postura del pie que muestra una fiabilidad de moderada a buena, pero no puede considerarse válida usando radiografías (111).

En varios estudios de los últimos 30 años se ha sugerido que ciertas lesiones concretas en miembro inferior pueden deberse a diferentes tipos de pie funcionalmente diferenciables (112,113). Estudios más recientes (114,115) han descrito una posible asociación entre los pies pronados (pies planos/arco descendido) y los pies supinados (pies cavos/arco elevado) con las lesiones producidas por el ejercicio físico. Atendiendo a esta sugerencia, para el tratamiento de lesiones y dolor a nivel de miembro inferior, el examen de la alineación del pie es una parte fundamental de la valoración clínica.

En 2005, J. Burns, AC Redmond y AM Keenan (116), estudiaron la relación entre el tipo de pie y la incidencia de lesiones en un grupo de 131 triatletas (91 hombres y 40 mujeres), de diferentes niveles de experiencia y participantes en la Australian Domestic Triathlon Season. Ningún sujeto de la muestra llevaba soportes plantares. Se realizó un estudio retrospectivo de 6 meses y un estudio cohorte prospectivo de 10 semanas de duración. Las mediciones incluyeron el FPI-8 y el Valgus Index (VI). El total de participantes se distribuyó en tres grupos según el tipo de pie: supinados (FPI= -2 o

menor/VI= -2,7 o menor), y pronados (FPI= +12 o mayor/VI= +23,3 o mayor). Los resultados mostraron que el 50,4% de los participantes sufrieron algún tipo de lesión en los últimos seis meses de pretemporada. El 75% de las lesiones ocurrieron en miembros inferiores. La natación y el ciclismo reportaron un porcentaje muy bajo de lesiones, mientras que el 71% de las lesiones de pretemporada ocurrieron durante los entrenamientos de carrera. Ciento veintiocho atletas terminaron el estudio cohorte de 10 semanas. Durante este periodo, el 72% de las lesiones ocurrieron en miembros inferiores. La carrera fue de nuevo relacionada con la mayoría de las lesiones (73%). Por tanto, el tamaño de la muestra fue considerable así como la incidencia de lesiones para este estudio. Respecto a la relación entre FPI-8 y Valgus Index resultó buena ($R=0,793$; $p<0,001$), por tanto, ambas herramientas estaban midiendo características similares de la alineación del pie. Los atletas con pies supinados según FPI-8 resultaron tener una significativa mayor probabilidad de sufrir lesiones durante la competición. La odds de padecer una lesión en este tipo de pies fue 4,3 veces la odds en aquellos pies que no estaban supinados ($X^2 = 7,063$; $p=0,013$, Fisher's exact test; odds ratio, 4,304; 95% de intervalo de confianza [CI], 1,39-13,833). No resultaron más relaciones entre el tipo de pie y la posibilidad de padecer lesiones en miembros inferiores tanto en la pretemporada como en la competición. Por tanto, concluyeron que los triatletas experimentan un alto nivel de lesiones durante los entrenamientos y durante la competición. Los corredores con pie supinado tienen mayor probabilidad de sufrir lesiones y que, con los datos obtenidos proporcionan cierta evidencia de que el FPI puede servir para identificar a los atletas cuya morfología de pie puede incrementar el riesgo de padecer lesiones por sobre-uso en miembros inferiores (116).

1.4.3 DEL FPI-8 AL FPI-6. LA EVOLUCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Fue en 2006, cuando AC Redmond et al. (104) publicaron un trabajo en el que explicaban el desarrollo y validación del FPI. Durante las últimas dos décadas han sido varias organizaciones y publicaciones, como “The Research Council of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society” (117), “The Foot and Ankle Special Interest Group of the American Physical Therapy Association” (118) y otros autores como Keenan AM. o Kitaoka HB. (30,119), los que han resaltado como prioridad, la necesidad de validar una herramienta para medir y valorar mejor la patología del pie, y han indicado una serie de principios que debería tener una buena herramienta de medición de la postura del pie: fiabilidad, simplicidad de uso, resultados cuantitativos que reflejen la complejidad de la

función del pie, minimizar la subjetividad y obtener las medidas sin la necesidad de un equipamiento sofisticado.

Basándose en estos principios, AC Redmond et al. (104) describieron una serie de pruebas para intentar conseguir esa herramienta para una mejor valoración de la postura del pie. El resultado fue un sistema de puntuación observacional de seis ítems o parámetros, el FPI-6. Este trabajo se realizó en cuatro fases de estudio:

Primera Fase: se consultaron 119 publicaciones en las que se describía con detalle la evaluación clínica de la postura del pie. De éstas, se obtuvieron 36 medidas diferentes, las cuales se agruparon por su naturaleza en 5 grupos. Después se evaluó la capacidad y la sensibilidad para medir la postura del pie en cada uno de los tres planos cardinales, en consonancia con la correspondiente parte del pie (retropié, mediopié, antepié o múltiple) de cada una de las medidas seleccionadas. Finalmente, se seleccionaron 8 posibles medidas para diseñar lo que sería el borrador de la versión FPI-8.

Segunda Fase: se definió el sistema de recogida de datos. Se seleccionó el sistema de 5 puntos Tipo-Likert (120) para una recogida de datos rápida, fácil y ceñida a los ítems marcados. Esta escala fija con valor =0 la respuesta central, de modo que los cambios posturales del pie en una u otra dirección, pueden reflejarse de modo simétrico con valores positivos o negativos, quedando el valor cero como posición neutra. El resultado global de la puntuación para el FPI inicial de 8 ítems estaba dentro del rango de (-16, para las características supinadoras) hasta (+16, para las características pronadoras) y la puntuación global para el FPI-6 quedó con un rango definido desde -12 hasta +12 puntos.

Tercera Fase: constó de tres partes. En la primera parte se realizó un estudio con 131 participantes atletas, 91 hombres (69,5%) y 40 mujeres (30,5%) de entre 18 y 65 años (media =33,7 años), para determinar la capacidad del FPI-8 de predecir la puntuación del Valgus Index, validado adecuadamente en 1994 (121). Además se evaluó la fiabilidad inter-ítems de cada una de las ocho mediciones del FPI mediante el coeficiente α de Cronbach. Los valores de VI coincidieron con los obtenidos en estudios previos (121,122). En el modelo de regresión ordinal se introdujeron las puntuaciones de FPI como variable independiente y la puntuación del Valgus Index como variable dependiente. El modelo de regresión ordinal indicó que la puntuación total de FPI-8 predijo el 59% de la varianza de las

puntuaciones del Valgus Index (Cox y Snell $R^2 = 0,590$, $B = 0,551$, $P < 0,001$, $n = 131$). Respecto a la fiabilidad entre los ocho ítems, el α de Cronbach fue de 0,834, indicando buena fiabilidad inter-ítem. Los coeficientes individuales resultaron altos o muy altos para 6 de los 8 ítems del FPI. La línea de Helbing y la congruencia del borde lateral del pie, mostraron una fiabilidad inter-ítem pobre con un α de Cronbach menor de 0,40.

En la segunda parte, se realizó un estudio de laboratorio con la intención de reconstruir mediante un software un modelo tridimensional de la pierna y el pie derechos. Participaron 20 voluntarios (9 hombre y 11 mujeres, con edades comprendidas entre 21 y 45 años). Se utilizó el sistema FastrackTM, sistema electromagnético medidor de movimiento (EMT), que recogería información espacial de 17 marcas distribuidas en la pierna y el pie, para reproducir diferentes segmentos rígidos representativos de la pierna, el retropié y el antepié, en cada una de las tres posturas (supinada, relajada en carga y pronada). El error cuadrático medio del protocolo utilizado para medir las coordenadas de las marcas fue de entre 0,87mm y 2,54mm. El coeficiente de correlación intraclase para la reproducción de los diferentes segmentos repetidamente usando este protocolo fue de 0,999. Seis de los 8 ítems del FPI demostraron validez, pero 2 de ellos resultaron problemáticos. En primer lugar, la valoración de la congruencia del borde lateral no se mantuvo dentro del modelo de correlación ordinario, por tanto no se pudo establecer su validez. Respecto a la línea de Helbing, aunque resultó moderadamente predictivo ($R^2 = 0,73$), hubo un problema porque el EMT medía el ángulo de Aquiles completamente análogo a la línea de Helbing, por tanto no pudo mantenerse en el modelo final (Tabla 1) (104).

Summary of the performance of the eight candidate components

	Item total correlation (Cronbach's α)	Factor analysis (factor loading)	Concurrent validity vs EMT model (R^2)	Comments
Talar head palpation	0.64	Factor 1	0.70	Palpation of bony relationship
Malleolar curvature	0.66	Factor 1	0.69	Direct observation of bony segments
Helbing's sign	0.36	Factor 1	0.74	Direct observation of soft tissue
Calcaneal angle	0.75	Factor 1	0.80	Direct observation of bony segment
TNJ congruence	0.65	Factor 1	0.72	Direct observation of composite bony segments
MLA congruence	0.72	Factor 1	0.58	Direct observation of composite bony segments
Lateral border congruence	0.20	Factor 2	N/A	Direct observation of composite bony segments
Abduction/adduction	0.65	Factor 1	0.64	Indirect observation of composite bony segments

Tabla 1. α de Cronbach para los 8 ítems candidatos a FPI.

En la tercera parte, tras justificar la no validez de la congruencia del borde lateral del pie y la línea de Helbing como ítems del FPI, se diseñó una nueva hoja de recogida de datos para el nuevo FPI-6, incluyendo tres valoraciones diferentes.

Cuarta Fase: tuvo la intención de comprobar la consistencia y predictibilidad de la validez de la nueva versión FPI-6. Con un participante menos en este caso ($n=14$), se evaluó la validez del nuevo FPI-6 comparado con el ya validado modelo del complejo articular de tobillo (AJC) por medio del EMT en estática. También se determinó hasta qué punto los resultados en estática del FPI-6, podrían predecir sistemáticamente variaciones en la posición de AJC durante la marcha normal. Respecto a los resultados del estudio realizado en estática, el FPI-6 predijo el 64% de las variaciones del AJC, con el apoyo relajado de los dos miembros inferiores ($R^2=0,64$, $F=73,529$, $P<0,001$, $n=14$). Los datos de la valoración cinemática del AJC se obtuvieron de los 15 participantes, a los que se les realizaron 5 valoraciones. La correlación multivariante para AJC fue de 0,93. En estudios previos se ha sugerido que la postura del pie en el momento medio de la fase de apoyo, se relacionaría teóricamente con la posición del pie en estática (123). En este estudio se confirmó que ambas posturas tenía una relación bastante cercana ($R^2=0,864$).

Finalmente, concluyeron que el FPI se había desarrollado para abordar la necesidad de contar con una herramienta clínica validada, que midiera la postura del pie en los tres planos cardinales y los diferentes segmentos anatómicos. No estaba planeado para desplazar los estudios en dinámica, como sería ideal, pero aportaba una alternativa más válida que las medidas clínicas existentes para la valoración en estática. El desarrollo del FPI-6 ha sido llevado a cabo de un modo estructurado y formal, apoyado en la literatura científica, y ha sido adaptado para asegurar un componente de validez apropiado y de utilidad clínica. Todas las versiones de FPI han estado sujetas a un minucioso proceso de validación. En las evaluaciones independientes de fiabilidad, el FPI ha aprobado adecuadamente su fiabilidad en diferentes escenarios clínicos ($ICC=0,62-0,91$) (109,124,125). La fuerza de asociación entre las puntuaciones del FPI y los datos del EMT en estática vistos en este estudio refuerza la validez del FPI-6. Por tanto, la versión final de FPI-6 incluye solamente aquellos seis ítems que superaron minuciosamente el proceso de validez (Anexo 1) y se confirmó que el uso de la antigua versión de FPI-8 publicada previamente, no es adecuada (104).

1.4.4 LA VALIDEZ INTERNA DEL FPI-6

En 2007, Keenan A., Redmond AC. et al. (126) publicaron un nuevo estudio con la intención de investigar la validez interna de constructo del Foot Posture Index en sus dos versiones FPI-8 y FPI-6. El número de participantes en este caso fue de 143 (98 hombre y 45 mujeres, de edades comprendidas entre los 8 y 65 años). Se realizó un Rash análisis que fue llevado a cabo con el software RUMM2020, con la intención de evaluar las siguientes propiedades del FPI: la unidimensionalidad de cada uno de los ítems incluidos en el FPI, el funcionamiento diferencial de los ítems (DIF) de cada uno de ellos, y el Índice de separación persona-ítem (PSI). La unidimensionalidad mide hasta qué punto un determinado ítem mide un solo constructo. El DIF evalúa la dificultad relativa que puede presentar un ítem comparado con otro. El índice de separación persona-ítem es usado para valorar hasta qué punto los resultados de los ítems pueden estar influenciados por la idiosincrasia de las personas que están siendo medidas. El Rash Análisis es una técnica matemática probabilística usada para valorar las propiedades de los resultados de mediciones como las citadas anteriormente. El Rash análisis ha sido ampliamente usado en el desarrollo y validación de un gran número de resultados de mediciones. Los resultados de este estudio mostraron que el borrador del instrumento, el FPI-8, mostró algunos desajustes en el modelo Rash (X^2_{16} test=27,63, $p=0,03$) indicando falta de unidimensionalidad. Dos ítems fueron identificados como problemáticos en el modelo Rash: la línea de Helbing, que mostró un nivel de respuesta ilógico, y la congruencia del borde lateral del pie, que mostró un desajuste, indicando que este ítem podría estar midiendo otro constructo (X^2_2 test=15,35, $p=0,01$). Todos los ítems del FPI-8 mostraron una ausencia de DIF, y el índice de separación de persona-ítem resultó bueno (PSI=0,88). El revisado FPI-6, que no incluyó los dos ítems problemáticos, demostró unidimensionalidad (X^2_{12} test=11,49, $p=0,49$), indicando un buen ajuste global del modelo, y una considerable mejora respecto a la versión preliminar. Todos los ítem permanecen libres de DIF, y todos los ítems, de modo individual, presentan un buen ajuste al modelo. El índice de separación de persona para el FPI fue similar para ambas versiones FPI-8 (PSI=0,880) y FPI-6(PSI=0,884). Por tanto, concluyeron que el FPI-6 mostró buenas propiedades como instrumento de medida, buen ajuste de cada uno de los ítems individualmente y buen ajuste global al modelo, junto con la falta de funcionamiento diferencial de los ítems. De modo que este análisis aporta un nivel de evidencia más profundo para la validez del FPI-6 como instrumento clínico de medida para el uso de estudios de tipo screening, como herramienta de medición clínica y muestra que tiene potencial para ser analizado usando estrategias paramétricas (126).

Hasta esta fecha, el FPI ha sido utilizado para varios estudios con diferentes intereses. Nuve VL. et al. (127) realizaron un estudio sobre los riesgos biomecánicos asociados a la ulceración neuropática del hallux en personas con diabetes mellitus. Se ha utilizado como para identificar el tipo de pie en screening como criterio de inclusión y exclusión para estudios de investigación clínica (124,128). También ha sido utilizado para investigar qué tipo de pie tiene más probabilidad de sufrir lesiones en el ámbito del deporte y de entrenamiento (125,129). Se ha estudiado si el tipo de pie influye en la incidencia de caídas en personas mayores (130), y también para valorar si el tipo de pie tiene relación con la edad (131). Pero hasta este momento, no se ha contado con unos valores de normalidad del FPI para realizar comparaciones y tener valores de referencia.

1.4.5 VALORES DE NORMALIDAD PARA EL FPI-6

AC. Redmond et al. (132) realizaron un estudio en 2008, con el objetivo de establecer unos valores de referencia de normalidad del FPI para el uso en investigaciones y para ayudar a tomar decisiones clínicas. Para conseguir el mayor número posible de mediciones se contactó con nueve autores de estudios que habían medido el FPI, y se consiguió una muestra de 1648 participantes con mediciones de ambos pies. Del total de participantes hubo 717 hombres, 825 mujeres y 116 participantes cuyo género no fue especificado. La media de edad fue de 42,3 años (SD=25,1) dentro de un rango de entre 3 y 96 años. Para llevar a cabo el estudio se separó 1007 participantes normales de los restantes 641 que presentaban alguna patología definida. El estudio principal sólo incluyó datos de los adultos normales que finalmente quedó en n=619 sujetos. También se pudieron relacionar las puntuaciones del FPI con el género y con el IMC. Los resultados mostraron que una ligera pronación era normal con el pie relajado en carga, con valor medio de FPI=+4 puntos (Figura 17) (132).

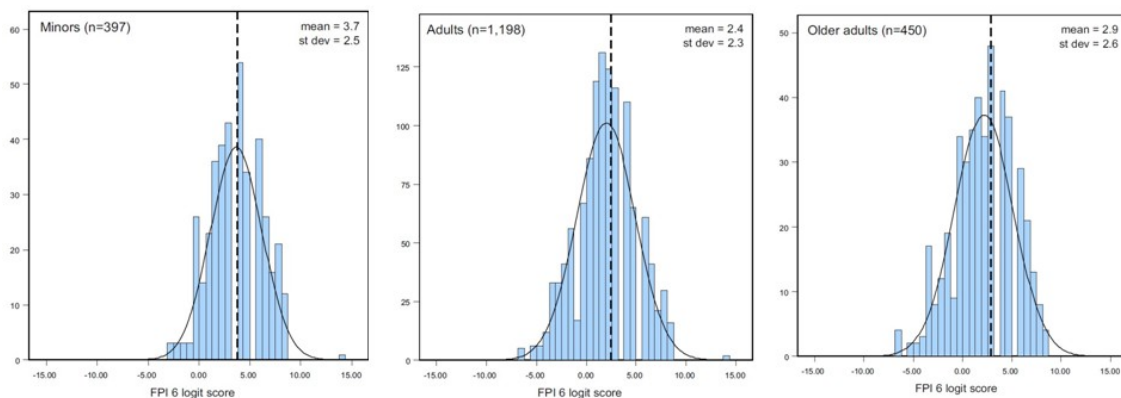


Figura 17. Histogramas de valores de FPI para niños, adultos jóvenes y mayores.

Las puntuaciones se compararon entre géneros, no presentando ninguna relación (2,3 versus 2,5; $t=-1,44$, $p=0,149$). Tampoco se demostró relación del IMC con los resultados del FPI. Si hubo diferencias entre los adultos normales y los adultos con pie cavo idiopático o neurológico ($F=216,981$, $p<0,001$) lo que indica cierta sensibilidad del instrumento para detectar población con patología postural. Por tanto, los valores del FPI, muestran relación con la edad y con la presencia de ciertas patologías posturales, pero no presenta relación con el IMC y con el género. La relación de un valor de FPI con la edad podría servir como referencia en investigaciones y para tomar decisiones clínicas.

Morrison S. y Ferrari Jill (133) publicaron en 2009 un estudio sobre la fiabilidad inter e intraobservador en la valoración del pie pediátrico. Hasta entonces, la mayoría de los estudios realizados sobre la validez y fiabilidad del FPI se hicieron en adultos (104,134–136), pero se ha prestado poca atención a la utilidad que podría aportar este tipo de estudios para la valoración del pie pediátrico. En este estudio, obtuvieron los datos de una muestra de 30 niños con edades comprendidas entre los 5 y 16 años. Las puntuaciones del FPI-6 fueron asignadas a una categoría predeterminada: altamente pronado (FPI-6 de 10 a 12), pronado (FPI-6 de 6 a 9), neutro (FPI-6 de 0 a 5), supinado (FPI-6 de -1 a -4) y altamente supinado (FPI-6 de -5 a -12). Las mediciones del FPI-6 fueron realizadas por dos clínicos de modo independiente para cada participante. Los resultados mostraron una coincidencia casi perfecta entre los datos obtenidos por los dos clínicos, según el análisis de Kappa ponderado ($Kw=0,86$). Por tanto, concluyeron considerar el FPI-6 como una herramienta de medición de la postura del pie rápida, simple y fiable, que ha demostrado buena relación inter e intraobservador para la valoración del pie pediátrico.

En un amplio estudio realizado por Evans AM et al. en 2003 (109), se investigó sobre la fiabilidad del FPI en niños (4-6 años), en adolescentes (8-15) y en adultos (20-50 años), y los resultados mostraron que la fiabilidad de las puntuaciones en los niños era menor que en los adultos. En 2011 (137), publicó un trabajo en el que relacionaba el pie plano infantil con medidas antropométricas generales, entre las que incluyó el FPI. La muestra contaba con 140 niños de entre 7 y 10 años. Dentro de sus resultados cabe destacar que las puntuaciones del FPI-6 mostraron un amplio rango de tipologías de pie, desde supinados hasta pronados, lo cual es importante para su validez externa. También mostró que la media de los valores de FPI-6 resultó ligeramente en pronación, coincidiendo con los valores de normalidad publicados por Redmond AC (132). En 2012, Evans et al. (138) publicaron un nuevo

estudio sobre la fiabilidad de cuatro medidas, incluido el FPI-6, pero en este caso se realizó en la población infantil. Participaron en el estudio 30 niños de edades comprendidas entre 7 y 15 años. Cada sujeto fue valorado 2 veces por cada examinador de modo independientemente. Los resultados mostraron buena fiabilidad intraobservador ($ICC=0,93-0,94$) así como en interobservador ($ICC=0,79$). Concluyeron que, por primera vez, el FPI-6 demostraba una fiabilidad intraobservador e interobservador adecuada en una muestra pediátrica. Por tanto, el FPI-6 es una herramienta útil tanto para la valoración a nivel clínico como para ser utilizada en protocolos de investigación dirigido a abordar el pie infantil.

1.4.6 EL FPI EN ESTUDIOS CON NIÑOS/AS NO SANOS

En el desarrollo y validación del FPI, la mayor parte de los estudios han presentados muestras de sujetos sanos. Pero también se han publicado estudios en los que se ha medido la postura del pie con el FPI-6 en casos patológicos con afectación musculoesquelética entre otras (Figura 18) (132).

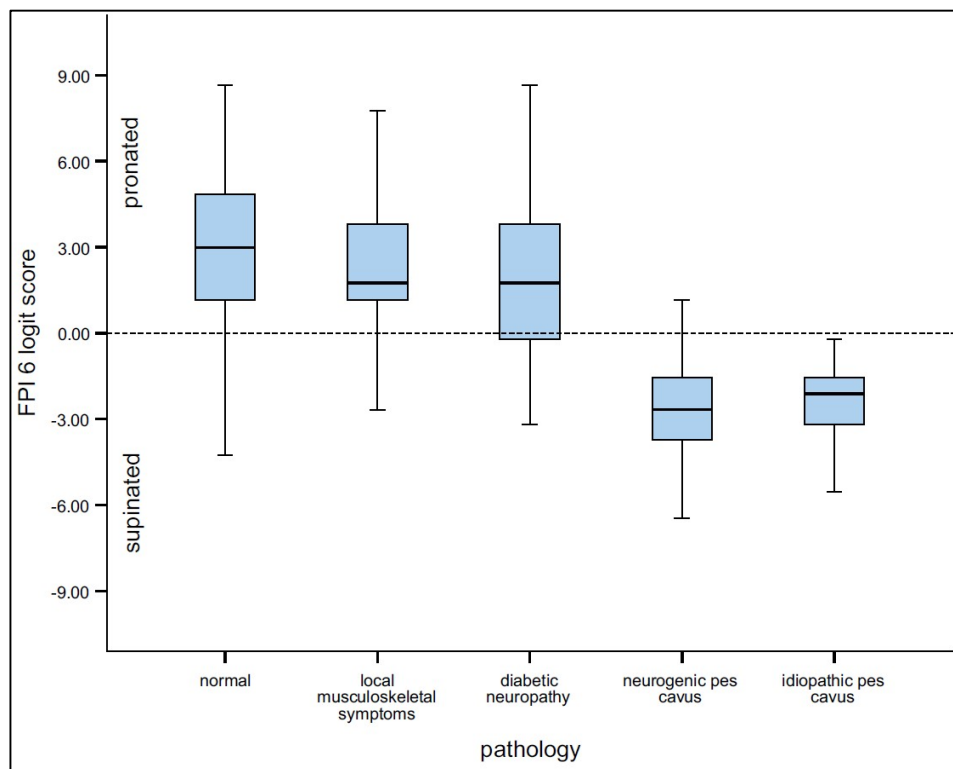


Figura 18. Boxplots de puntuaciones de FPI respecto a la presencia de patología.

Kennedy J. et al. (139), publicaron en 2013 un estudio sobre las afectaciones en el pie y tobillo de la Mucopolisacaroidosis tipo 1 (MPS-1), enfermedad sistémica conocida como

Síndrome de Hurler, caracterizado por el depósito desordenado de lisosomas a nivel celular, que provoca un amplio desorden y disfunción a nivel de tejidos y órganos desde edades tempranas. A nivel musculoesquelético provoca deformidades en el cráneo, giba tóracolumbar, coxa valga, genu valgum progresivo etc. debido a los desordenes a nivel de osificación endocondral y membranosa. En este estudio participaron 18 pacientes con la enfermedad (11 hombres y 7 mujeres) con una edad media de 10,3 años (de 4 a 21 años). Entre otros test y cuestionarios se utilizó el FPI-6. El examen morfológico del pie mostró diversidad de deformidades, las más comunes fueron pies planos, tobillo valgo y deformidades digitales. De los 36 pies examinados, 11 fueron puntuados como “altamente pronados” ($FPI > +9$), 12 pies tuvieron una postura pronada ($FPI +6/+9$), y 13 pies tuvieron una postura normal ($FPI 0 /+6$). No hubo ninguna puntuación de pie supinado. Estos resultados no concuerdan con los valores de normalidad para la población pediátrica del FPI-6 cuya media es de 3,7 y una SD de 2,5 (18). Considerando ambos pies, el FPI observado es significativamente diferente de 3,7 puntos ($t_{35}=4,474$; $p<0,001$) con una media de FPI-6 de 6,667 y una SD de 3,98. Esto significa que los niños con MPS-1 tienen de un valor medio de la postura del pie más pronado que sus colegas de la misma edad.

Jasper W.K. et al. (140), publicaron en 2013 una revisión sistemática con meta-análisis con el objeto de investigar la relación entre la postura del pie no-neutra (pie cavo o plano) con la aparición de lesiones a nivel de miembro inferior o zona lumbar de la espalda. La mayor parte de los participantes de los diferentes estudios fueron adultos. Tras la selección de las publicaciones, fueron 29 estudios los que formaron parte del meta-análisis. Los resultados mostraron entre otros, que el FPI-6 ($OR=2,58$; 95%CI: 1,33-5,02; $p<0,01$) y el examen visual/físico ($OR=1,17$; 95%CI: 1,06-1,28; $p<0,01$) han sido consideradas como dos métodos de valoración que muestran categorías de la tipología del pie, y que han demostrado una relación significativa con las lesiones en miembro inferior. Por tanto, sí existe relación entre el pie plano o cavo y las lesiones de miembro inferior, pero la fuerza de esa relación es baja. Este resultado se atribuye a la consideración de ambas medidas como cualitativas.

También ha sido utilizado el FPI-6 para estudiar las características del pie y tobillo en niños con marcha de puntillas idiopática (ITW). Williams C. et al. (141) publicaron en 2013 un estudio en el que se valoró el FPI-6 y el Test del Lunge en sus dos versiones (rodilla extendida y flexionada) en niños con marcha de puntillas idiopática y un grupo control para

comparar. La muestra contó con 60 niños de edades comprendidas entre 4 y 8 años. De esta muestra, 30 niños tenían diagnosticada marcha en puntillas idiopática, los otros 30 eran niños sanos, que formaron el grupo control. Concluyeron el FPI-6 no mostraba diferencias significativas entre ambos grupos de estudio. Pero también concluyeron que la interacción del Test de Lunge con la pierna extendida en ITW afecta a la puntuación del FPI-6 ($p=0,01$), determinando que el valor del FPI-6 aumentó cuando la movilidad del tobillo estaba reducida. Esta relación indica que los niños que presentan un tipo de pie más pronado puede que tenga el músculo gastrocnemio más tenso o contracturado.

En 2015, Jung Su Lee et al. (142) publicaron un estudio en el que investigaron las relaciones existentes entre el FPI, las presiones plantares y los hallazgos radiológicos. Participaron 19 niños con pies planos, con una media de edad de $9,32 \pm 2,67$ años. Se utilizó la plataforma de presiones GaitView Pro ver. 1.0 y se midieron 8 segmentos de las presiones plantares. En las radiografías se midieron los cuatro ángulos más usados para valorar el pie plano; el ángulo astrágalo –primer metatarsiano (ángulo de Meary), el ángulo astragalocalcáneo, el ángulo metatarsal y el ángulo calcáneo (Fig. 19) (142).

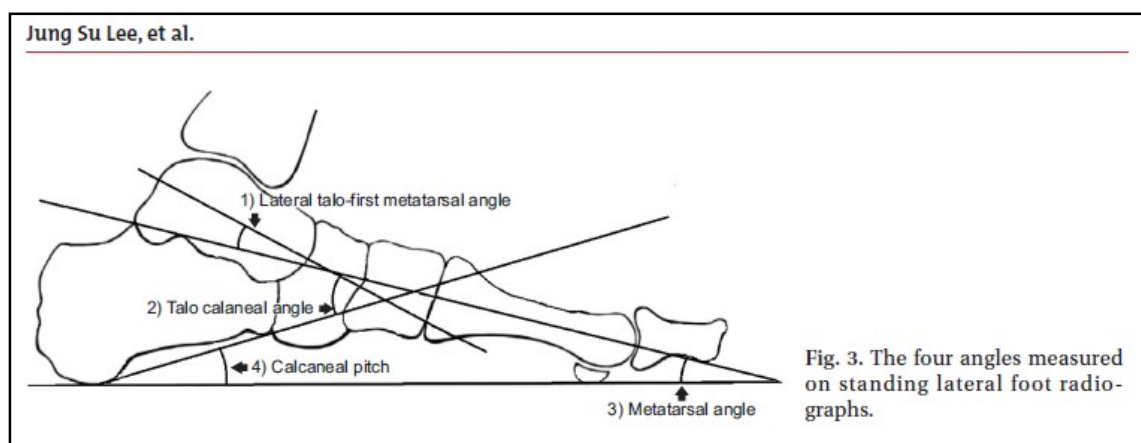


Figura 19. Ángulos medidos en las proyecciones radiológicas por Jung Su Lee et al.

Los datos obtenidos se correlacionaron mediante la matriz de correlación de Spearman. Aunque no encontraron relación entre las presiones plantares y los valores medidos en las radiografías, se observó una correlación significativa entre el FPI-6 y el M1/M5 ratio ($p=0,385$ $p=0,017$) donde M1/M5 representan presión del primer metatarsiano/presión del quinto metatarsiano, con el ángulo astrágalo-primer metatarsiano ($p=0,422$ $p=0,0089$) y con el ángulo del calcáneo ($p=-0,411$ $p=0,010$). Por tanto, concluyeron que el FPI es una

herramienta clínica útil que representa el pie plano infantil comparado tanto con las radiografías como con las presiones plantares.

También en 2015, se publicó otro estudio en el que se midió la postura del pie mediante el FPI-6 en pies patológicos. James AM et al. (143) realizaron un estudio descriptivo, parte de un ensayo aleatorizado posterior, en el que se intentó identificar factores que podrían estar asociados con el desarrollo de apofisitis posterior del calcáneo, conocida como Enfermedad de Sever. Se ha sugerido en estudios previos que la pronación excesiva puede causar un aumento de la tensión en la fascia plantar y en el tendón de Aquiles (2,28). Para llevar a cabo este estudio observacional, entre otras medidas se valoró el IMC, el Test de Lunge y también el FPI-6. Se realizaron comparaciones con los valores de normalidad mediante t-test (A-11 o 14) y se realizaron correlaciones de las diferentes pruebas con la presencia de los síntomas. La muestra estaba formada por 124 niños (52 niñas y 72 niños) con edades comprendidas entre los 4 y 8 años. Todos los participantes estaban diagnosticados clínicamente de apofisitis posterior del calcáneo. Respecto al FPI-6, podemos resaltar de este estudio que las puntuaciones de los niños sintomáticos fueron superiores a los valores de referencia, con una media de FPI-6= 4,43 (SD=2,72), mientras que el valor de referencia es de FPI-6= 3,74 (SD=2,34) y un $p=0,028$. Por tanto, el pie pronado parece ser un factor de riesgo más para la apofisitis posterior del calcáneo.

1.5 LA OBESIDAD EN LA INFANCIA

En la última década, la incidencia de obesidad en la infancia ha aumentado en todo el mundo, y se ha reconocido como un problema de salud infantil internacionalmente (144). En EEUU la obesidad está considerada como uno de los problemas de salud más importante. Más de un tercio de los adultos (72 millones de personas) y el 17,3% de niños y adolescentes (12,5 millones) son obesos (145). La obesidad en niños y adolescentes están aumentando la incidencia de problemas de salud tales como diabetes mellitus tipo 2 o enfermedades cardiovasculares, que previamente aparecían en la edad adulta (146). La prevalencia de obesidad infantil en España se encuentra entre las mayores de Europa, junto a Malta, Italia, Reino Unido y Grecia (147). En 2012, se publicó un estudio que determinó la prevalencia de sobrepeso y obesidad infantil y juvenil en España (148). La muestra contó con 978 niños de entre 8 y 17 años, y se calcularon las prevalencias de sobrepeso y obesidad siguiendo los criterios de la Organización Mundial de la Salud (International Obesity Task Force) y el estudio español enKid. Los datos mostraron una prevalencia de sobrepeso de 26% y de obesidad de 12,6%. Esto significa que el 40% aproximadamente de los jóvenes padecieron exceso de peso en esa fecha. En el grupo de niños de entre 8 y 13 años, el exceso de peso alcanzó el 45%, mientras que en el grupo de edades comprendidas entre los 14 y los 17 años, el exceso de peso alcanzó el 12,5%. Por otro lado, la presencia de obesidad y sobrepeso se asoció con las clases sociales más bajas y con menor nivel de estudios.

La falta de actividad física es uno de los factores que contribuyen al aumento de la obesidad. En un estudio realizado en EEUU, se concluyó que los niños con sobrepeso pasan más tiempo practicando actividades sedentarias que los niños con normopeso (144). Por otro lado, los niños con obesidad pueden sufrir consecuencias sociales y psicológicas añadidas a su trastorno físico (149). Además, es muy probable que los niños con obesidad tengan que luchar contra la obesidad en su edad adulta (150).

Trastornos de miembros inferiores como dolor músculo-esquelético, fracturas, aumento de tibia vara o genu varum (Blount's Disease) o pie plano, se han asociado a la obesidad infantil (151). Algunas publicaciones relacionan la obesidad con una disminución de la ACF (152), con genu-valgum (153–155) y con un aumento de la pronación del pie (61,156–159). Muchos niños y adolescentes con obesidad sufren dolor de alguna articulación, lo cual puede contribuir a que dejen de realizar actividades físicas (160,161). La alineación

incorrecta a nivel músculo-esquelético podría explicar el dolor articular experimentado por los niños con obesidad (162), pero existen pocos datos que lo corroboren (163).

1.5.1 OBESIDAD Y PIE PLANO INFANTIL (sin FPI)

Es sabido que en los primeros años de vida, el panículo adiposo presente en el arco plantar es abundante. Este grosor va disminuyendo entre los 2 y 5 años, mientras que la forma del arco plantar se va resolviendo (157). Los datos de prevalencia del pie plano en la infancia varía de forma considerable con valores de entre el 0,6% y el 77,9% (61,164–166). Esta diferencia de prevalencias se ha relacionado con los diferentes grupos de edad de los estudios y los diferentes métodos de valoración y diagnóstico del pie plano utilizados. El hecho de que la obesidad presente una relación fuerte con la presencia de pie plano en los niños parece ser que ha estado muy documentada (58,61,159,164,167).

En 2001, Dowling AM et al. (159) estudiaron el efecto de la obesidad en la distribución de las presiones plantares en preadolescentes. La muestra contó con 13 escolares con obesidad (edad media=8,1±1,2 años; IMC=25,5±2,9 kg/m²) y un grupo control de 13 escolares no obesos (edad media=8,4±0,9 años; IMC=16,9±1,2 kg/m²) emparejado en género, edad y altura. El diagnóstico de pie plano se realizó mediante la medición del índice de Chippaux-Smirak y el Ángulo de la huella plantar. También se midieron las presiones plantares en estática y en dinámica mediante una plataforma de presiones. Los resultados mostraron que los sujetos obesos presentaron unos valores del Ángulo de la huella plantar significativamente menores ($t=4,107$; $p<0,001$) y unos valores del Índice Chippaux-Smirak más altos ($t=6,176$; $p<0,001$) comparado con el grupo emparejado de sujetos no obesos. Por otro lado, el valor medio de los picos de presión en el antepié, resultó significativamente mayor en el grupo de obesos (39.3±15.7 N.cm (-2); $q=3.969$) comparado con el grupo control.

En 2006, Pfeiffer M. et al (61) estudiaron una muestra de 835 (411 niñas y 424 niños) con edades comprendidas entre los 3 y los 6 años, con la intención de establecer la prevalencia del pie plano en ese rango de edad, y evaluar factores como la edad, el género o el peso. Para diagnosticar el pie plano se midió la posición en valgo del talón y la imagen plantar se obtuvo mediante un escáner de superficie. La prevalencia de pie plano flexible fue del 44%, y la prevalencia de pie plano patológico fue inferior al 1%. Mientras que en el grupo de 3 años el 54% tenía el pie plano, en el grupo de 6 años la cifra se redujo al 24%,

presentando una disminución significativa con la edad. Respecto al IMC, en este estudio resultó que los escolares con sobrepeso y obesidad tenía una probabilidad 3 veces mayor de presentar un pie plano que los escolares con normopeso.

También en 2006, Mickle KJ et al. (157) realizaron un estudio con el objetivo de determinar si el pie plano presente en los niños obesos y con sobrepeso se podía atribuir a un mayor grosor del panículo adiposo plantar o a un descenso del arco longitudinal medial, comparado con los niños no obesos. El diagnóstico de pie plano se realizó mediante la valoración el Arch Index en la huella plantar y el grosor del panículo adiposo plantar se midió mediante ecografía. La muestra contó con 19 niños obesos o con sobrepeso (IMC medio=18,6±1,2kg/m²) y 19 niños no obesos (IMC medio=15,7±0,7kg/m²) ambos grupos con una edad media de 4,3 años. Los datos mostraron que no había diferencias de grosor del panículo adiposo plantar entre los grupos (p=0,39). Sin embargo, los valores de la huella plantar mostraron un descenso significativo de la altura del arco plantar (0,9±0,3 cm) comparado con el grupo de niños no obesos (1,1±0,2 cm; p=0,04). Concluyeron que el sobrepeso y la obesidad influían en la estructura y la anatomía del arco longitudinal del pie.

En 2007, Morrison SC et al. (168) estudiaron el efecto del IMC en la estructura del pie, pero en este caso se midieron la longitud del pie, la anchura del antepié y la altura del escafoides. Contaron con una muestra de 200 escolares con edades comprendidas entre los 9 y 12 años. Los datos obtenidos mostraron que tanto la longitud del pie como la anchura del antepié fue significativamente mayor en los casos de sobrepeso y obesidad independientemente del género. Sin embargo, los valores de la altura del escafoides no presentaron diferencias significativas.

El tamaño muestral de un estudio de prevalencia debe ser consistente para que sea representativo de la población que se quiera evaluar. En 2008, Mach M. et al. (156) realizaron un estudio con 2887 escolares (1450 niños y 1437 niñas) de edades comprendidas entre los 2 y los 14 años, en varios centros escolares en Alemania. Su objetivo fue relacionar el IMC con los diferentes tipos de pie en una muestra poblacional grande y amplia en el espectro de edad. Para realizar las mediciones del pie se utilizó un escáner 3D, y se valoraron 12 mediciones diferentes en cada pie. Se llevó a cabo una clasificación de la morfología del pie con cinco tipos definidos: 1) pie plano, 2) pie delgado, 3) pie robusto, 4) pie corto y 5) pie largo. El 15 % (n=405) de la muestra resultó tener pie plano. El pie plano

resultó menos frecuente en el grupo de escolares con bajo peso y más frecuente en el grupo de sobrepeso. Pero en el grupo de sobrepeso, el tipo de pie claramente más frecuente fue el pie robusto.

En 2010, también se publicó un estudio de prevalencia del pie plano flexible y su relación con el IMC, el género y la edad, con un tamaño muestral importante. Chang JH. et al. (164) utilizaron una muestra de 2083 escolares en Taiwan, con edades comprendidas entre los 7 y los 12 años. Para clasificar el tipo de pie se utilizó la huella plantar y la valoración se realizó mediante la escala de Denis (169). Según este estudio, el 59% de los escolares tenía pie plano, presentándose en mayor proporción en niños (67%) y sobretodo en el rango de edad entre los 7 y los 8 años. Concluyeron que los niños obesos y con sobrepeso tenía 2,66 y 1,39 veces más probabilidad de presentar pie plano.

Ya en 2015 se publicó un estudio sobre la prevalencia del pie plano infantil en una muestra de 667 escolares iraníes (170) de entre 7 y 14 años. Se utilizó la huella plantar para realizar el diagnóstico. Los datos mostraron que la prevalencia de pie plano era de 17,1% sin diferencias significativas entre género, con una disminución progresiva asociada al aumento de la edad y con el mayor porcentaje de pies planos en el grupo de escolares con sobrepeso.

También en 2015, Stolzman et al. (171) publicaron una revisión sistemática respecto a la relación del pie plano infantil y la obesidad. Se analizaron publicaciones en las que se relacionaba el pie plano infantil y la obesidad. Se seleccionaron 13 estudios observacionales. Los métodos de diagnóstico para el pie plano infantil variaba entre los diferentes estudios: modelos de imagen, mediciones antropométricas o exámenes clínicos. El análisis de los datos mostró unos valores de prevalencia del pie plano infantil que variaban desde el 14% hasta el 67%. Por otro lado, la mayoría de los estudios relacionaron el aumento de porcentajes de pie plano en los grupos de población con sobrepeso u obesidad. Este estudio sugiere que la falta de consenso respecto a la definición de pie plano, las diferencias metodológicas y la escasez de estudios sobre el pie plano infantil y su relación con el dolor o la función, hace necesario que se siga investigando en esta línea pues los datos no resultan clarificadores.

Por tanto, en la actualidad, se sigue asociando el aumento del IMC con el aumento de la incidencia de pie plano en la infancia, y se sigue utilizando la huella plantar como método de

diagnóstico, a pesar de la disparidad de resultados de los diferentes estudios y de la falta de consenso manifiesta desde hace varias décadas. Sin embargo, en los últimos 15 años, también se han publicado paralelamente, estudios sobre la postura del pie y su asociación con el exceso de peso, en los que se ha utilizado el FPI como método de diagnóstico del pie plano.

1.5.2 OBESIDAD Y PIE PLANO INFANTIL (según FPI)

En 2011, Evans AM, (137) estudió varias medidas antropométricas en 140 niños de entre 7 y 10 años de edad. De ellos 31 sujetos tenía el pie plano según el FPI-6. El perímetro de cintura, el peso o el IMC fue comparado entre los sujetos con y sin pie plano. Los resultados fueron significativos pero débiles e inversos entre la postura del pie y el peso (FPI-L $r=-0,186$ $p<0,05$; FPI R $r=-0,194$ $p<0,05$), el perímetro de cintura (FPI-L $r=-0,213$ $p<0,05$; FPI R $r=-0,228$ $p<0,01$), y el IMC (FPI-L $r=-0,243$ $p<0,01$; FPI R $r=-0,263$ $p<0,01$). Contrariamente a lo publicado en estudios previos, los niños con más peso tenían los pies igual o menos pronados que los niños con normopeso.

En 2015, Tucker et al. (172) publicaron un estudio sobre la fiabilidad intra e interobservador de las medidas más comunes en miembro inferior, entre ellas el FPI-6. Participaron 3 observadores que repitieron 3 veces cada una de las medidas. Se realizó en un grupo de 25 niños con obesidad y en otro grupo de 25 niños sin obesidad. El resultado medio de la fiabilidad intraobservador para el FPI-6 fue excelente con un ICC=0,983 en niños con normopeso y un ICC=0,982 en niños con obesidad, con un IC=95%. Los resultados interobservador fueron de moderados a buenos con un ICC=0,788 en el grupo de normopeso y un ICC=0,834 en el grupo de obesidad, con un IC=95%. En este estudio los valores medios de FPI-6 para el grupo de normopeso fue de FPI-6=5,15(SD 2,68) y 4,96(SD 2,50) para los pies derecho e izquierdo respectivamente. En el caso de los niños obesos los resultados fueron FPI-6=4,71(SD 2,11) y 4,48(SD 2,04) para los pies derecho e izquierdo respectivamente. En consecuencia, los valores de FPI-6, y por tanto la postura del pie, no estaría influenciada por la obesidad en niños.

1.6 JUSTIFICACIÓN

El diagnóstico y tratamiento del pie plano infantil flexible (PPIF) sigue careciendo de un consenso generalizado en la comunidad científica, a pesar de décadas de estudio (34,37,173–175). Si bien está aceptado que esta condición se va resolviendo en la mayoría de los casos con la madurez (56), no existe consenso para la definición de PPIF fisiológico versus patológico a nivel de investigación, y por tanto tampoco para su manejo en consulta (34,176).

Las herramientas para el diagnóstico del PPIF que se han venido utilizando mayoritariamente han sido la huella plantar y la radiografía (34). Es probable que esta falta de consenso se deba a la falta de una herramienta de diagnóstico válida y fiable para evaluar el PPIF. De hecho, han sido varias las publicaciones que, desde hace décadas, han insistido en la falta de una nueva herramienta que cumpla con dichos requisitos de validez y fiabilidad (30,117,118). Sin embargo, se han seguido publicando trabajos de investigación con dichas herramientas prácticamente hasta la actualidad.

El Foot Posture Index (FPI), validado por Redmond et al. en 2006 (104) es una herramienta observacional de la postura del pie que tiene en cuenta su tridimensionalidad y, por tanto, su complejidad biomecánica. Además, ha demostrado buena fiabilidad tanto en adultos (104,132) como en niños (133,142) y ha sido considerado como una herramienta adecuada para la evaluación de la postura del pie en estudios con niños no sanos (139,143,177). El FPI cuenta con unos valores de normalidad para la población adulta desde 2008 (132), pero no para la población pediátrica.

Por otro lado, la obesidad infantil se considera un gran problema de salud pública en la actualidad, y se ha relacionado con alteraciones músculo-esqueléticas en miembros inferiores y también en los pies (178–183). Numerosos estudios han mostrado la presencia de PPIF secundaria a la obesidad y el sobrepeso en niños (58,61,157,159,164), pero la mayoría de éstos, se han servido de la huella plantar para realizar dicha relación.

Sin embargo, las investigaciones que han estudiado la relación de la obesidad con la postura del pie, sirviéndose del FPI, han demostrado justo lo contrario, es decir, que no existe relación entre el aumento de la prevalencia del PPIF en la población infantil con obesidad o sobrepeso (138,172).

En consecuencia, la intención fundamental de este trabajo ha sido establecer unos valores de normalidad para el FPI en la población pediátrica, y posteriormente evaluar la relación de la obesidad y el sobrepeso con la presencia de pie plano infantil flexible diagnosticado mediante el Foot Posture Index.

Capítulo 2

OBJETIVOS

OBJETIVOS DE LA TESIS DOCTORAL

2.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

Este trabajo se ha llevado a cabo con dos objetivos principales:

2.1.1 El primer objetivo principal fue establecer unos valores de normalidad para el Foot Posture Index (FPI) en la población infantil, dentro del rango de edad más susceptible de cambios morfológicos en el pie, entre los 6 y los 11 años.

2.1.2 El segundo objetivo principal consistió en comprobar qué influencia ejerce el sobrepeso y la obesidad infantil en la postura del pie, en este caso valorada mediante el FPI.

2.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Los objetivos secundarios de este trabajo fueron:

2.2.1 Diseñar una tabla de curvas percentiles, con los valores de referencia de normalidad del FPI en la población pediátrica, asociada a la edad y al género.

2.2.2 Localizar en la tabla de percentiles las puntuaciones de FPI que se presenten como punto de corte entre los valores de normalidad o condición fisiológica de la postura del pie, y los valores presumiblemente patológicos, para cada edad y género.

Capítulo 3

VALORES DE NORMALIDAD PARA EL FOOT POSTURE INDEX EN LA POBLACIÓN INFANTIL

3.1 INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, el pie plano infantil flexible (PPIF) ha generado una constante controversia dentro de la comunidad científica, que aún sigue presente en la actualidad (34,37,173–175). Existe consenso al afirmar que, en mayor o menor medida, su incidencia disminuye durante el desarrollo (56). Pero las principales cuestiones de desacuerdo giran en torno a qué circunstancias diferencian el PPIF fisiológico del patológico, y en consecuencia, qué condiciones debe reunir el PPIF y con qué edad, para que sea adecuada la indicación de un tratamiento ortopédico (176). Como consecuencia, los clínicos se ven obligados a tomar decisiones basándose en su experiencia personal para realizar el diagnóstico así como para el tratamiento del PPIF (34).

Probablemente, la causa principal de esta falta de consenso respecto al diagnóstico y tratamiento del PPIF se debe a que no ha existido una herramienta de medida de la postura del pie adecuada a su complejidad biomecánica. Durante las últimas dos décadas, varias publicaciones (30,117,118) han resaltado como prioridad, la necesidad de validar una herramienta simple y fiable para medir y valorar la postura del pie a nivel clínico y de investigación.

Valoraciones de la huella plantar como el Ángulo de Clarke (1933), el Índice de Chippaux (1947), el Arch Index (Staheli 1987) entre otros, se vienen utilizando para el estudio de la postura del pie desde hace más de 25 años (62) hasta la actualidad (151,184–187). Pero la huella plantar representa sólo el área de contacto de la superficie plantar con el suelo, sin aportar información sobre la estructura ósea (34). También se han realizado mediciones de la alineación de los segmentos óseos mediante radiografías, sobre todo con proyecciones dorsoplantar y lateral (142,188–191). La radiografía es cara, irradia al paciente y se ha cuestionado la postura y el ángulo de exposición más adecuado (72). La interpretación de la huella plantar y de la radiografía han mostrado problemas de fiabilidad intra e interobservador (34). Otra medida observacional directa que merece mención es el Navicular Drop (135), que aunque ha demostrado de moderada a buena fiabilidad respecto a la medición de la altura del arco longitudinal medial en adultos (109,134), aún es dudosa en la población infantil (192).

El Foot Posture Index (FPI) es una herramienta de medición observacional que sí tiene en cuenta la tridimensionalidad de la postura del pie, y ha demostrado buena fiabilidad tanto

en adultos (104,132), como en la población infantil (133,142). El FPI también se ha considerado una medida adecuada en estudios realizados con sujetos no sanos (139,143,177,193). El FPI cuenta con unos valores de normalidad que ya han sido utilizados como referencia para la población adulta (104). Pero la postura del pie durante la infancia va cambiando con la edad, y hasta donde llega nuestro conocimiento, no se han publicado unos valores de referencia de normalidad del FPI en la infancia asociados a la edad.

Por tanto, los objetivos de este estudio han sido establecer unos valores de normalidad para el FPI asociados a la edad en la población pediátrica, en el rango de edad más susceptible de cambios en la postura del pie (entre 6 y 11 años), así como diseñar una tabla para localizar los valores percentiles de normalidad y patológicos en función de la edad.

3.2 MATERIAL Y MÉTODO

Participantes

Este estudio transversal, participaron 1.798 escolares (873 niños y 925 niñas) de edades comprendidas entre 6 y 12 años. Las mediciones fueron realizadas durante los cursos escolares de los años 2013 y 2014. La exploración de los participantes se realizó en 10 colegios públicos seleccionados aleatoriamente de entre 25 centros de las provincias de Málaga, Granada y Plasencia (España). La media de edad de la muestra fue de 8,29 (SD 1,72), y una media de índice de masa corporal de 18,94 (SD 3,65 kg/m²) en los niños y de 18,90 (SD 3,64 kg/m²) en las niñas, sin encontrar diferencias significativas entre géneros ($p=0,834$) (Tabla 2).

	Género											
	Total				Niños				Niñas			
	Mean	95% CI		SD	Mean	95% CI		SD	Mean	95% CI		SD
IMC	18,91	18,74	19,08	3,64	18,94	18,70	19,18	3,65	18,89	18,66	19,13	3,64
Edad	8,29	8,21	8,37	1,72	8,23	8,12	8,35	1,71	8,34	8,23	8,45	1,74
Peso	33,04	32,61	33,47	9,35	32,99	32,36	33,61	9,48	33,11	32,52	33,70	9,21
Altura	1,31	1,30	1,32	0,11	1,31	1,30	1,32	0,12	1,31	1,30	1,32	0,11

Tabla 2. Descriptivos para la edad, peso, estatura e IMC de la totalidad de la muestra, y por género.

Los criterios de inclusión fueron tener entre 6 y 12 años de edad. Los criterios de exclusión fueron no presentar dolor en el pie en el momento de la exploración, no haber sufrido afectaciones en miembros inferiores tales como lesiones músculo-esqueléticas en los últimos seis meses, alteraciones estructurales congénitas, parálisis cerebral, disfunción motora o tratamientos quirúrgicos. Los padres fueron previamente informados sobre las características del estudio, completaron un cuestionario y firmaron el consentimiento para confirmar la participación de sus hijos en el estudio (Anexo 1). Este estudio fue realizado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y aprobado por los Comités Éticos de las Universidades de Extremadura y Málaga (España) (Anexo 2).

Procedimiento

La valoración de la postura del pie se llevó a cabo midiendo el FPI con los sujetos descalzos, en bipedestación relajada sobre un banco de 50 cm para facilitar la inspección visual y manual (Anexo 3). El FPI consta de 6 ítems que tienen en cuenta la postura del antepié, mediopié y el retropié, y los tres planos de movimiento. Los 6 componentes incluyen 1) palpación de la cabeza del astrágalo, 2) simetría de las curvas infra y supramaleolar lateral, 3) inversión/eversión del calcáneo, 4) prominencia en la región de la articulación astrágalo-escafoidea, 5) altura del arco medial, 6) abducción/adducción del antepié. El FPI aporta un valor total desde -12 puntos (altamente supinado) hasta +12 puntos (altamente pronado) (104) (Anexo 4). La fiabilidad interobservador para el FPI en la población pediátrica ha alcanzado un valor de Kappa ponderado consistente ($K_w=0,86$), en una muestra de niños con edades comprendidas entre 5 y 16 años (133). Los valores de FPI en este estudio, han sido medidos por dos podólogos (JMA y PAG) experimentados en el uso de esta herramienta, a doble ciego, con buena fiabilidad inter-observador (0.852-0.895). Ambos podólogos fueron cegados tanto a las intenciones del estudio como a la identidad de los participantes. Se utilizó el protocolo de medida usado en otros estudios (194).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el Software SSPS.22 (SPSS Inc., USA). Después de comprobar la normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad (Levene) de los datos, se llevó a cabo un análisis descriptivo y de percentiles de las variables. El nivel de significancia se estableció en un nivel $p \leq 0.05$.

3.3 RESULTADOS

Los resultados del FPI de la totalidad de la muestra, se obtuvo una media de 3,77 ($SD\pm 2,93$) puntos para los pies derechos y una media de 3,87 ($SD\pm 2,92$) puntos para los pies izquierdos. Comparados por género, los valores medios para el pie derecho resultaron ligeramente más altos en los niños que en las niñas, con valores de 3,93 ($SD\pm 2,99$) versus 3,61 ($SD\pm 2,86$) respectivamente, con una significación estadística de ($p=0,026$). Mientras que los valores medios para el pie izquierdo fue de 4 ($SD\pm 2,96$) puntos en niños, siendo el valor total medio más alto, y 3,74 ($SD\pm 2,87$) puntos en las niñas (Tabla 3).

Mientras que los resultados de FPI por edades, mostraron que sólo el grupo de 6 años (pie derecho), y el grupo de 7 (pie izquierdo) presentaban diferencias estadísticamente significativas ($p \text{ value} \leq 0,05$) entre géneros (Tabla 4).

La totalidad de los valores de FPI se han distribuido en percentiles, destacando un valor medio de 4 puntos para el percentil 50 en ambos géneros y lados, salvo para el lado derecho de las niñas, con una leve disminución a 3 puntos. Por otro lado, el percentil 75 muestra uniformidad de resultados con 6 puntos, valor que se podría considerar línea divisoria entre la pronación fisiológica y patológica (Tabla 5).

Además, se han diseñado cuatro ilustraciones completas de resultados medios y percentiles de FPI (una para cada género y lado) en relación a la edad y el género, con márgenes entre los 6 y los 11 años (Figuras 20, 21, 22, 23). En estos gráficos los percentiles 50 están representados con la línea gruesa de color negro, los percentiles 25 con la línea gruesa roja y los percentiles 75 con la línea gruesa marrón, mientras que las líneas delgadas representan los percentiles 90 (rosa), 95 (azul oscuro), 10 (gris oscuro) y 5 (azul claro).

Como se puede observar en los gráficos de frecuencias, el valor $FPI=6$ es el más normal para ambos géneros y lados en el total de la muestra (Figuras 25 y 26).

Género															
	Total					Niños					Niñas				
	Media	95% CI		Mediana	SD	Media	95% CI		Mediana	SD	Media	95% CI		Mediana	SD
FPI1D	0,91	0,88	0,94	1	0,616	0,93	0,89	0,97	1	0,618	0,89	0,85	0,93	1	0,614
FPI2D	0,57	0,54	0,6	1	0,630	0,6	0,56	0,65	1	0,631	0,54	0,5	0,58	0	0,627
FPI3D	0,57	0,54	0,6	1	0,637	0,6	0,55	0,64	1	0,653	0,55	0,51	0,59	1	0,621
FPI4D	0,53	0,5	0,56	0	0,643	0,56	0,52	0,6	0	0,658	0,51	0,47	0,55	0	0,628
FPI5D	0,55	0,52	0,58	1	0,648	0,59	0,54	0,63	1	0,667	0,53	0,48	0,57	1	0,628
FPI6D	0,63	0,6	0,66	1	0,665	0,65	0,61	0,7	1	0,675	0,6	0,56	0,64	1	0,654
FPIR total	3,77	3,63	3,9	4	2,931	3,93	3,73	4,12	4	2,994	3,61	3,43	3,8	3	2,864
FPI1I	0,94	0,91	0,97	1	0,602	0,96	0,92	1	1	0,609	0,92	0,88	0,96	1	0,596
FPI2I	0,57	0,54	0,6	1	0,630	0,61	0,57	0,65	1	0,63	0,54	0,5	0,58	0	0,629
FPI3I	0,6	0,57	0,63	1	0,643	0,62	0,58	0,67	1	0,647	0,58	0,54	0,63	1	0,638
FPI4I	0,54	0,51	0,57	0	0,637	0,57	0,53	0,61	0	0,648	0,51	0,47	0,55	0	0,625
FPI5I	0,56	0,53	0,59	1	0,65	0,59	0,55	0,64	1	0,67	0,53	0,49	0,57	1	0,629
FPI6I	0,64	0,61	0,67	1	0,649	0,67	0,63	0,71	1	0,661	0,62	0,58	0,66	1	0,636
FPII total	3,87	3,73	4	4	2,921	4,00	3,81	4,2	4	2,966	3,74	3,56	3,93	4	2,874

Tabla 3. Descriptivos para el FPI de la totalidad de la muestra. Detallado por ítems independientes, lado y género.

Resultados Totales de FPI						
Edad	Lado	N		Media(SD)		P value
		Niños	Niñas	Niños	Niñas	
6	Derecho	128	126	4,8(2,9)	4,1(2,8)	<0,05
	Izquierdo	128	126	5,0(2,9)	4,2(2,7)	0,068
7	Derecho	169	188	4,3(2,9)	3,7(3,0)	0,086
	Izquierdo	169	188	4,4(2,8)	3,7(3,1)	<0,05
8	Derecho	196	166	4,1(3,1)	3,8(2,7)	0,383
	Izquierdo	196	166	4,0(3,0)	3,9(2,8)	0,523
9	Derecho	128	135	3,3(2,9)	3,2(2,8)	0,792
	Izquierdo	128	135	3,3(2,8)	3,4(2,8)	0,728
10	Derecho	113	143	3,2(2,8)	3,4(2,8)	0,515
	Izquierdo	113	143	3,3(2,8)	3,6(2,9)	0,301
11	Derecho	126	140	3,5(3,1)	3,1(2,8)	0,214
	Izquierdo	126	140	3,7(3,2)	3,2(2,7)	0,214
12	Derecho	13	27	3,6(2,2)	4,7(2,5)	0,156
	Izquierdo	13	27	3,9(1,8)	5,1(2,1)	<0,05

Tabla 4. Valores de FPI Total por edades y lateralidad.

Percentil	Género													
	NIÑOS													
	Edad													
	6		7		8		9		10		11		12	
	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu
5	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-0,3	-1	-0,65	0	0
10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
25	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1,5	3
50	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4
75	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5,5	6	6	5,5	5,5
90	9	9	8	8	8	8	7	7	6,6	7,6	7	8	6	6
95	10	10,6	10	10	10	10	8	8	9	8,3	10	10	.	.
	NIÑAS													
	Edad													
	6		7		8		9		10		11		12	
	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu	FPI Dcho	FPI Izqu
5	0	0	-1	-2	0	0	0	0	-1	-1	0	0	0	0,4
10	0,7	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
25	2	2	1,25	2	2	2	1	1	1	2	1	1	3	4
50	4	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	5	6
75	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4,75	7	7
90	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	6,9	6	8	8
95	9	8,65	9	9,55	9	9	8	8	8	8	8	9	8	8

Tabla 5. Percentiles de FPI Izquierdo y Derecho por edades en ambos géneros.

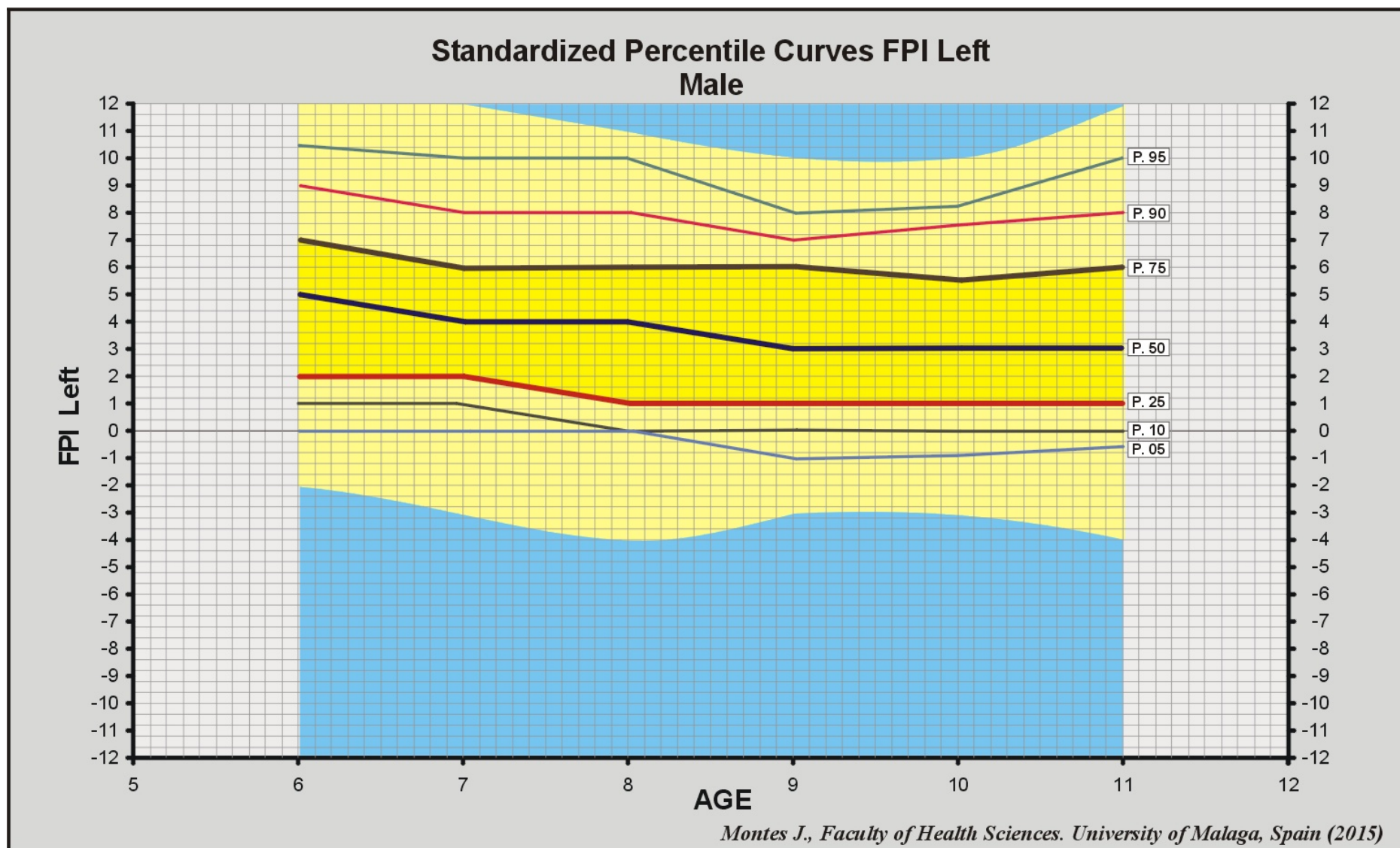


Figura 20. Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niños y lado Izquierdo. Rango de Edad entre 6 y 11 Años.

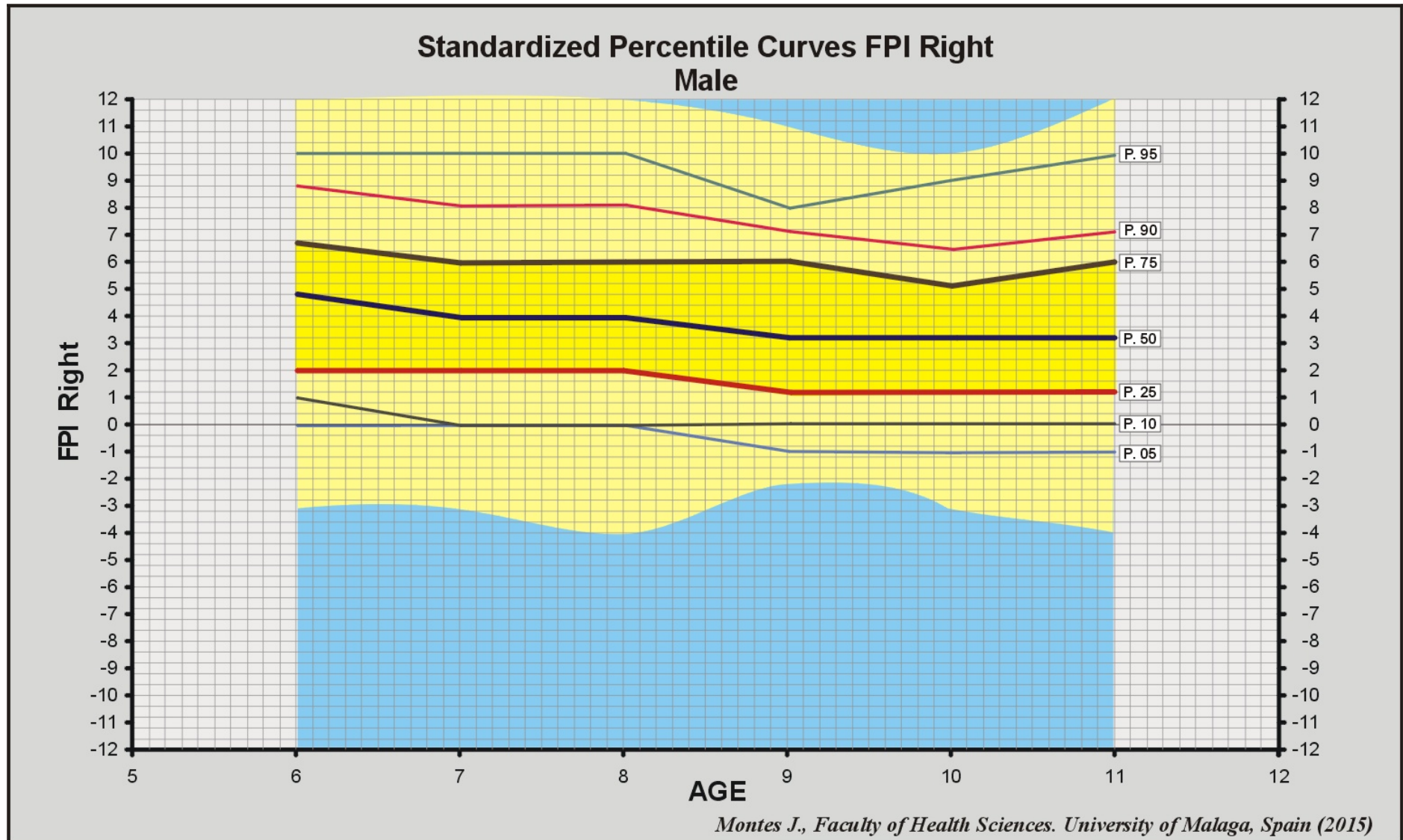


Figura 21. Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niños y lado Derecho. Rango de Edad entre 6 y 11 Años.

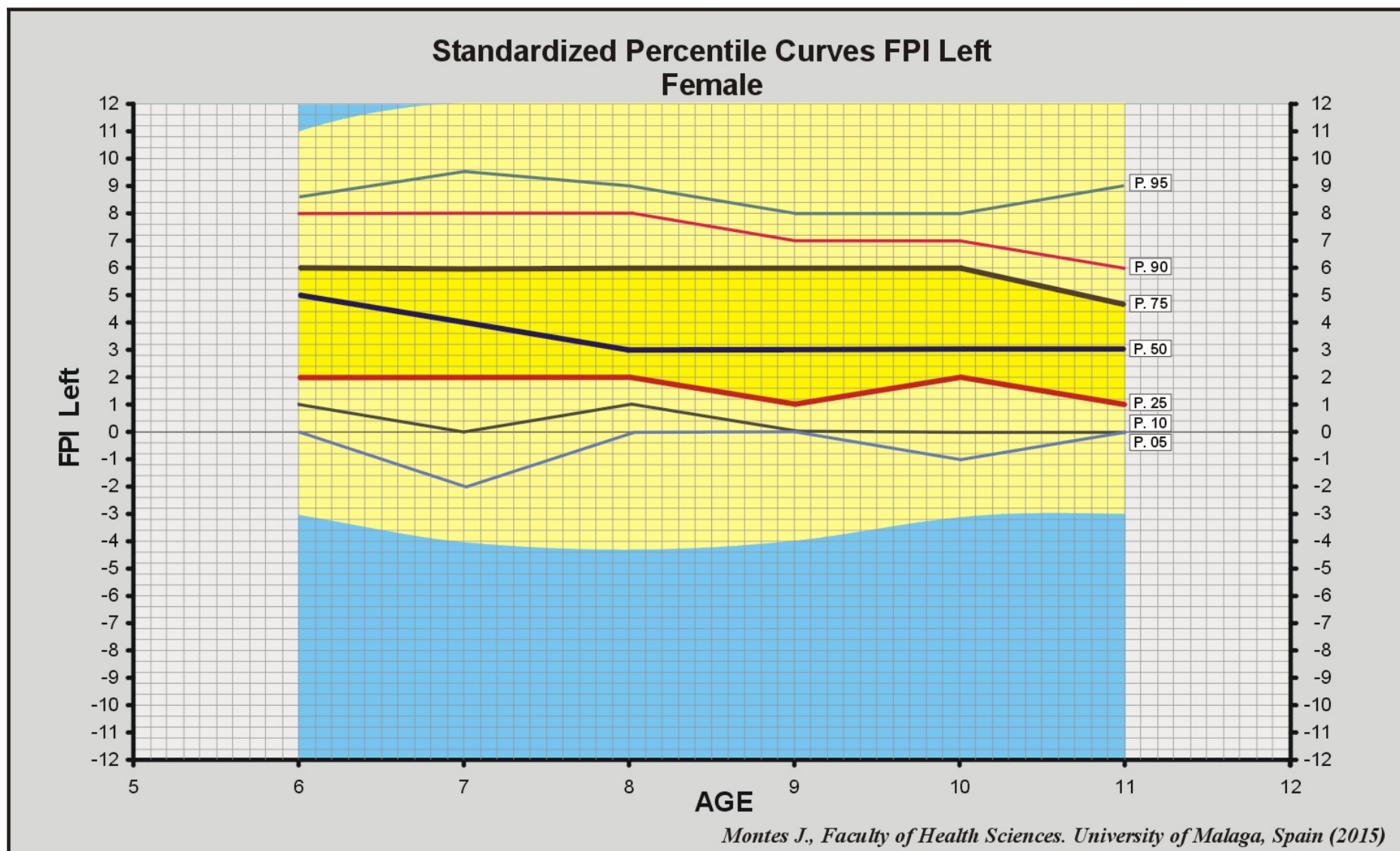


Figura 22. Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niñas y lado Izquierdo. Rango de Edad entre 6 y 11 Años.

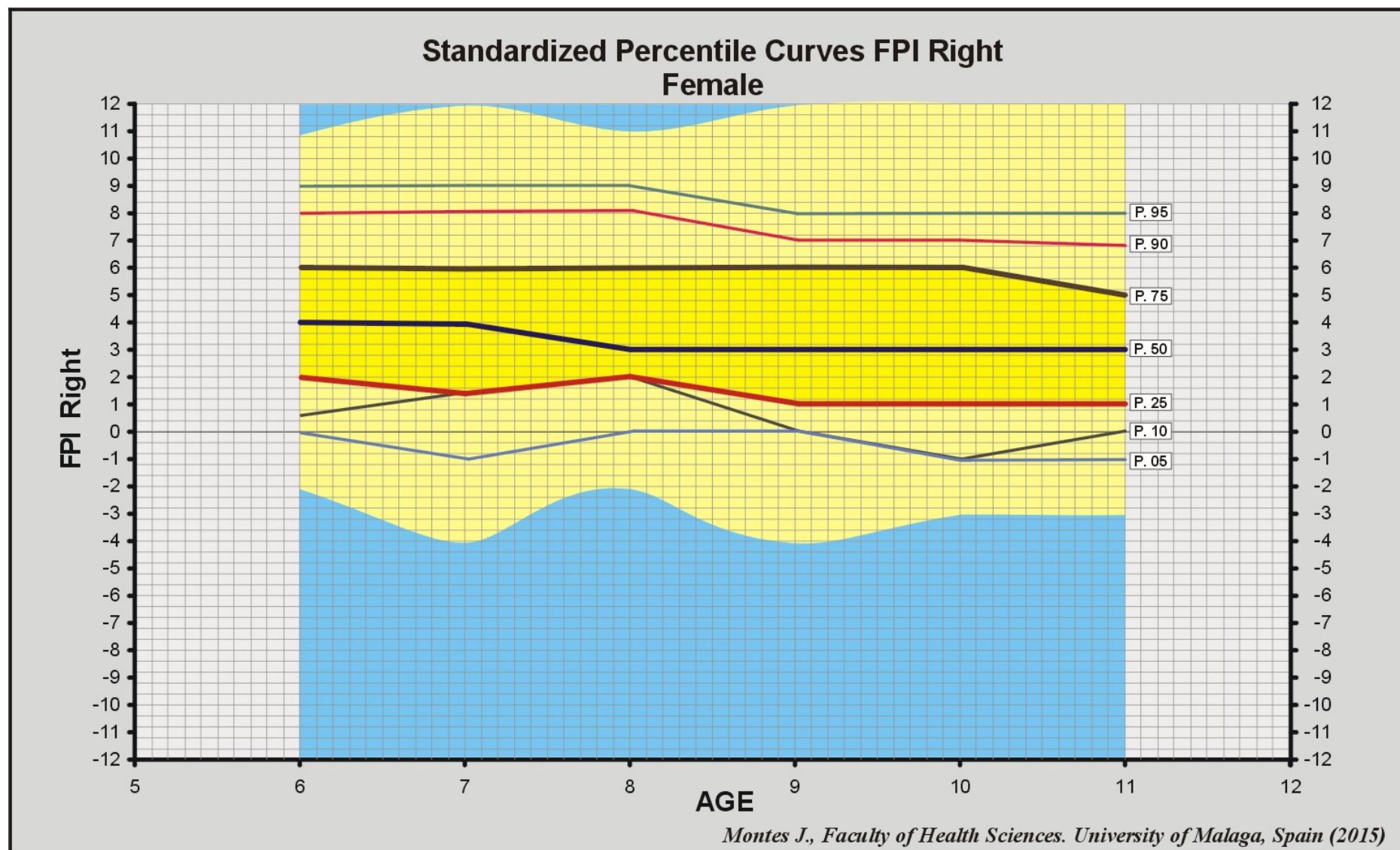


Figura 23. Curvas de Valores Percentiles para el FPI en Niñas y lado Derecho. Rango de Edad entre 6 y 11 Años.

Evaluación del pie plano infantil flexible

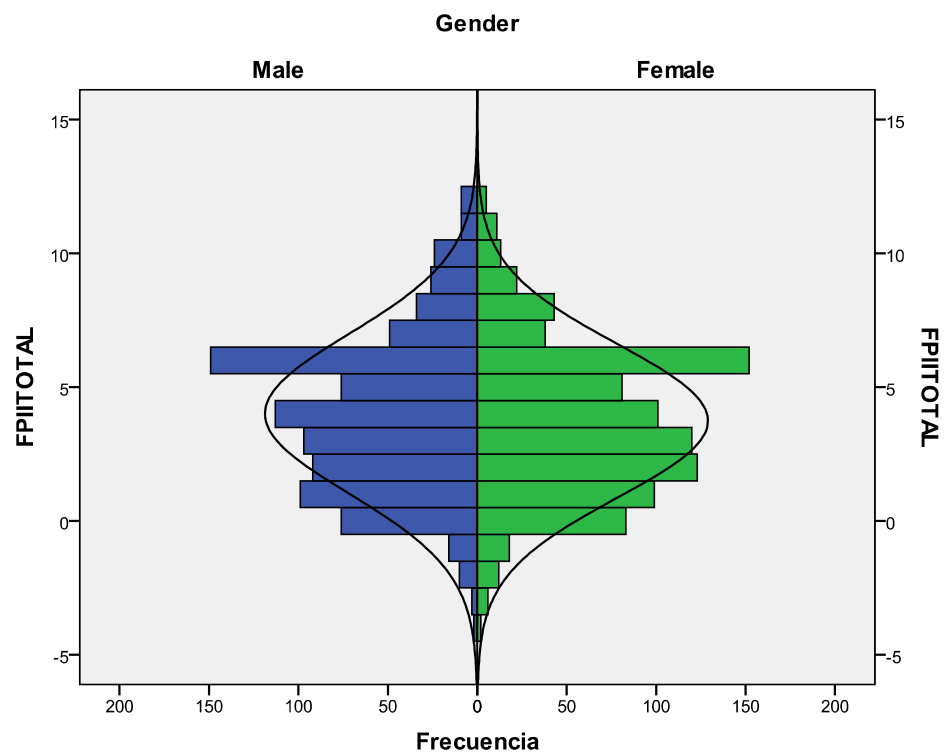


Figura 24. Frecuencias de FPI Izquierdo ambos géneros.

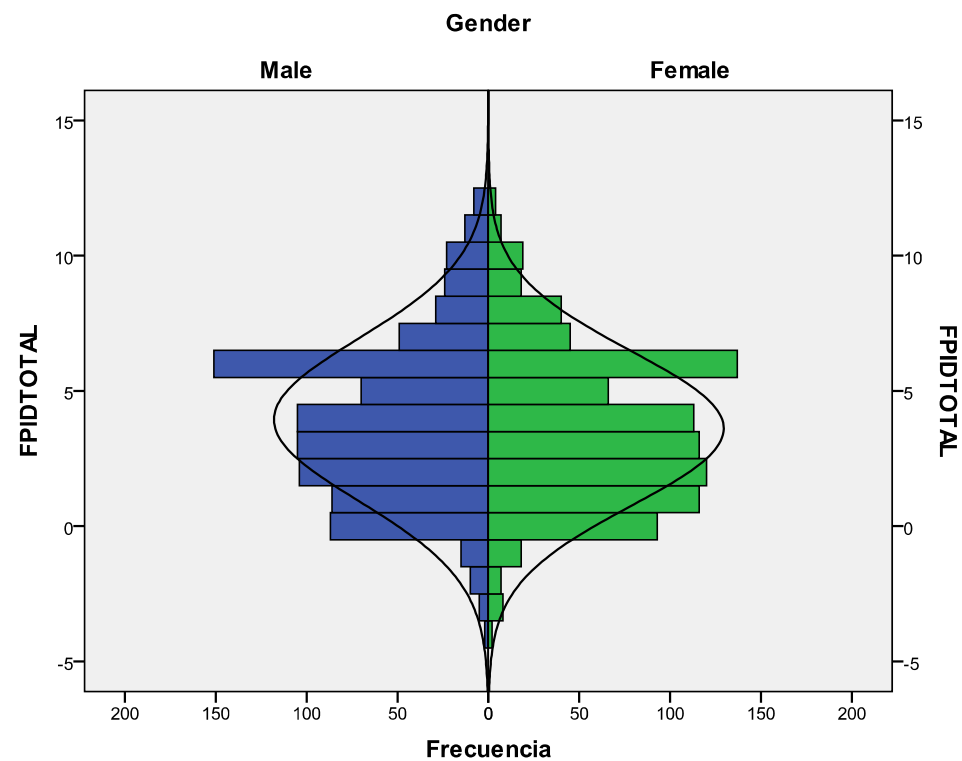


Figura 25. Frecuencias de FPI Derecho ambos géneros.

3.4 DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio ha sido establecer unos valores de normalidad de FPI en la población pediátrica, en relación a los cambios posturales del pie producidos por el crecimiento. Por un lado, las frecuencias y los valores percentiles de FPI no mostraron diferencias significativas entre ambos géneros (Fig. 1 y 2). La muestra total de este estudio alcanzó los 1798 participantes, de los cuales 873 fueron niños y 925 niñas; una muestra similar a la utilizada para establecer los valores de normalidad de FPI en la población general (132), que contó con 1648 participantes, 717 hombres, 825 mujeres y 116 sin género especificado. El valor medio de FPI (3,82 puntos) ha sido igualmente coherente con el grupo de niños del citado estudio (3,72 puntos), en el que cabe destacar que los valores de FPI para adultos jóvenes y mayores fueron de 2,4 y 2,9 puntos respectivamente, lo cual evidenció una diferencia significativa de la postura del pie entre niños y adultos ($F=51,07$, $p<0,001$) (132).

Por género, los valores medios de FPI de cada grupo han sido 3,96 y 3,67 puntos en niños y niñas respectivamente, encontrándose dentro de los márgenes interpretados como posición fisiológica del pie, dentro del rango de normalidad de (de 0 a +5 puntos) (132,133), y coincidiendo con resultados de FPI obtenidos en niños en publicaciones anteriores (133,137). Por otro lado, el percentil 75 ha presentado un valor medio de FPI aproximado de 6 puntos para ambos géneros. Considerando que la pronación patológica se mueve entre valores FPI de 6 a 9 puntos para la pronación moderada, y de 9 a 12 puntos para la pronación severa (133), el percentil 75 se puede marcar como línea divisoria (cut-off point) entre la pronación fisiológica y la patológica.

Respecto al crecimiento, los valores medios de FPI del total de la muestra han mostrado una disminución tangible y uniforme en relación al aumento de la edad, y por tanto un cambio en la postura del pie asociado al desarrollo, coincidiendo con publicaciones anteriores que han defendido una reducción de la prevalencia de pie plano flexible infantil con la edad, a pesar de utilizar otras técnicas de medida como estudio de la huella plantar, medición de ángulos en radiografías o técnicas observacionales (56–58,60–62). Aunque cabe resaltar un aumento puntual del valor percentil 50 de FPI en el grupo de edad de 12 años, y en ambos géneros, lo que podría indicar un punto de transición de la niñez a la adolescencia, por lo que no se han tenido en cuenta para los resultados del estudio.

La limitación más importante que hemos encontrado para la realización de este estudio ha sido la recolección de datos de un tamaño muestral tan grande. Además, aunque la muestra de este estudio se mueve en una franja de edad crítica para el desarrollo infantil (de 6 a 12 años), el grupo de edad de 12 años ha mostrado un aumento del valor percentil 50, rompiendo la tendencia decreciente, lo que podría indicar el inicio de una nueva etapa de desarrollo hacia la edad adulta. Por tanto, se habría considerado ideal que la muestra incluyera a sujetos con edades hasta los 18 años.

Futuros estudios similares a éste, con tamaños muestrales grandes y con mayor rango de edad, y en diferentes etnias y regiones geográficas, podrían alcanzar mayor precisión respecto los valores de referencia de la postura del pie en la infancia y adolescencia. Por otro lado, la realización de estudios cohorte de la postura del pie mediante FPI en la infancia, ayudaría a comprender mejor el desarrollo del pie durante el crecimiento, y de esta manera, mejorar el diagnóstico, pronóstico y tratamiento del pie plano infantil flexible, que tantos años viene siendo motivo de controversia.

El FPI ha demostrado ser una buena herramienta de diagnóstico para la postura del pie en la población pediátrica, con un valor de Kappa ponderado de ($K_w=0,88$) (133), y buena correlación intraobservador ($ICC=0,93-0,96$) e interobservador ($ICC=0,79$) (138). También ha sido utilizado con éxito en investigaciones realizadas en sujetos con diferentes patologías con afectación musculoesquelética (139,141,143,177), así como en estudios sobre la obesidad infantil y su influencia en la postura del pie (137,172). Además, el FPI nos ofrece una valoración tridimensional de la prono-supinación del pie, a diferencia de las técnicas tradicionales biplanares como la huella plantar o la radiografía.

Este estudio ha aportado unos valores de referencia de la postura del pie en la población pediátrica sana mediante FPI. Los datos se han presentado mediante percentiles, con valores medios y desviación estándar, que pueden ser útiles tanto en futuros estudios para identificar valores que se alejen de la normalidad o condición fisiológica como a nivel clínico, en cribados del pie semejantes a los observados el IMC, pudiendo ser una opción en la derivación de dichos sujetos a análisis más profundos de la marcha o de crecimiento. Estos datos pueden servir también, junto a futuros estudios que tengan en cuenta la sintomatología en el pie, para conseguir determinar con mayor precisión qué se debe considerar fisiológico o patológico respecto a la postura del pie en la infancia, por tanto, puede considerarse un

complemento al estudio publicado por Redmond et al. 2008, *Normative values for the Foot Posture Index* según aconseja dicha publicación.

3.5 CONCLUSIONES

Como valores de normalidad de FPI en la población pediátrica, se puede observar un FPI medio de entre 3,61 y 4 puntos en el grupo estudiado. El valor de percentil 50 ha sido de FPI=5 puntos para niños y niñas de 6 años, que se reduce progresivamente a un valor de FPI=3 puntos con 11 años. Se ha considerado el percentil 25 como límite inferior de la postura normal del pie con un valor de FPI=1,75 puntos, y el percentil 75 como límite entre la normalidad y la pronación patológica del pie, con un valor de FPI=6 puntos.

Capítulo 4

SOBREPESO, OBESIDAD Y LA POSTURA DEL PIE EN LA POBLACIÓN PEDIÁTRICA

4.1 INTRODUCCIÓN

En 2013, 42 millones de niños de hasta cinco años de edad padecían obesidad o sobrepeso (178), lo que es uno de los más serios problemas del siglo XXI (179)(180)(181). La obesidad y el sobrepeso suelen estar relacionadas con alteraciones musculoesqueléticas, particularmente de miembros inferiores y pies (182)(183). En Gran Bretaña, el dolor en la espalda lumbar fue el más prevalente en todos los grupos de edad, mientras que en niños, la región más común de dolor fue el pie (195).

El pie es una unidad funcional del cuerpo humano que desempeña un rol fundamental para el equilibrio (196)(197) y para el movimiento (197)(198). El desarrollo morfológico y funcional del pie infantil puede estar influenciado por factores internos (sexo, genética y edad) y por factores externos (calzado, peso y actividad física). El hecho de que los niños obesos tengan una fuerte tendencia a presentar pie plano parece previsible y está documentado en la literatura (58,61,157,159,164).

Es un proceso evolutivo normal que los niños tengan el pie plano cuando comienzan a caminar, ya que la laxitud ligamentosa intrínseca y la falta de control neuromuscular resultan en un aplanamiento del pie en carga (199). En niños de entre 1 y 5 años, existe un mayor grosor de grasa plantar bajo el arco longitudinal medial del pie, que revierte a partir de los 5 años aproximadamente, cuando la estructura del pie se va acercando a su forma madura (157). A partir de los 6 años de edad, los niños han desarrollado un arco longitudinal interno muy parecido a lo que será su arco longitudinal adulto (200).

Sin embargo, muchos de los estudios que han investigado la correlación entre el peso y la postura del pie en niños han usado la huella plantar como valoración objetiva. Estas mediciones podrían confundir el exceso de tejido adiposo plantar con un descenso real del arco longitudinal medial (201).

Por el contrario, el FPI es una herramienta de valoración clínica que consta de seis ítems usados para valorar la postura del pie en los tres planos espaciales, con el fin de medir las tres unidades funcionales del pie, como son retropié, mediopié y antepié, no requiriendo ningún instrumento de medida complementario. Además, cuenta con una validez aceptable (104) y ha demostrado buena fiabilidad tanto en adultos (104,132) como en niños (133,142).

Así, el objetivo de este estudio fue determinar qué influencia ejerce la obesidad y el

sobrepeso valorados mediante el Índice de Masa Corporal (IMC) en sus diferentes categorías y la postura estática del pie en niños de entre 6 y 11 años, en este caso valorada mediante el FPI, teniendo en cuenta la edad y el género.

4.2 MATERIAL Y MÉTODO

Participantes

En este estudio transversal, participaron 1798 escolares (873 niños y 925 niñas) de edades comprendidas entre 6 y 12 años, dichas mediciones fueron realizadas entre los años 2013 y 2014. Los participantes fueron explorados en 10 colegios públicos seleccionados aleatoriamente de entre 25 centros de las provincias de Málaga, Granada y Plasencia (España). La media de edad de la muestra fue de 8.29 ± 1.72 años, la media de peso fue de 33.05 ± 9.35 kg, de altura fue de 1.31 ± 0.12 metros y la media de IMC fue de $18.90 \pm 3.64 \text{ kg/m}^2$.

Los criterios de inclusión fueron tener entre 6 y 12 años, no presentar dolor en el pie en el momento de la exploración y contar con el consentimiento de los padres/tutores (Anexo1). Los padres fueron previamente informados sobre el estudio, completaron un cuestionario y firmaron el consentimiento para confirmar la participación de sus hijos. Los participantes que tenían alguna de las siguientes condiciones fueron excluidos del estudio: daño reciente en miembros inferiores, alteraciones en los huesos del pie, alteraciones estructurales congénitas que afectaran a zonas distales a la articulación del tobillo, así como aquellos casos con pie plano patológico causado por parálisis cerebral, tratamientos quirúrgicos en el pie o extremidad inferior, afectaciones de carácter genético, neurológico o patología muscular. Este estudio fue realizado de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por los Comités Éticos de las Universidades de Extremadura, Granada y Málaga (España) (Anexo 2).

Clasificación por Índice de Masa Corporal

La altura de cada sujeto fue medida con un medidor SECO 7710 portátil calibrado, con un nivel de burbuja fijado al brazo para obtener mayor precisión. La masa corporal fue medida con Digital Pegasus Scales, con un margen de error de 0,05 Kg y manteniendo a los sujetos con la mínima ropa posible (camiseta y pantalón corto o falda). El IMC fue calculado mediante la fórmula $\text{IMC} = \text{peso} / \text{altura}^2$. A continuación, los sujetos se clasificaron

en función de las líneas de corte respecto a sus valores percentiles, usando la clasificación propuesta por la Fundación F. Orbegozo en 2004 (202), que consta de cuatro categorías: Bajo peso, sujetos con percentil inferior a 3 ($p < 3$); Normal, sujetos con percentil entre 3 y 90 (p_{3-90}); Sobrepeso, sujetos con percentil entre 90 y 97 (p_{90-97}) y Obesidad, sujetos con percentil superior a 97 ($p > 97$) de acuerdo con la edad y el género de cada sujeto. A continuación se muestra la clasificación de los participantes según su IMC, y en función de su edad (Tabla 6).

Edad (Años)	IMC				Total
	Bajopeso ($P_{<3}$) n(%)	Normal (P_{3-90}) n(%)	Sobrepeso (P_{90-97}) n(%)	Obesidad ($P_{>97}$) n(%)	
6	7 (2,8)	222(87,4)	18 (7,1)	7 (2,8)	254
7	10 (2,8)	312(87,4)	25 (7,0)	10 (2,8)	357
8	10 (2,8)	316(87,3)	26 (7,2)	10 (2,8)	362
9	7 (2,7)	230(87,5)	19 (7,2)	7 (2,7)	263
10	7 (2,7)	222(86,7)	20 (7,8)	7 (2,7)	256
11	7 (2,6)	233(87,6)	18 (6,8)	8 (3,0)	266
12	1 (2,5)	35(87,5)	3 (7,5)	1 (2,5)	40
	49	1570	129	50	1798

Tabla 6. Características de la Muestra respecto a IMC y Edad.

Foot Posture Index

Los valores de FPI fueron medidos a doble ciego por dos podólogos (JMA y PAG) experimentados en el uso de esta herramienta, con buena fiabilidad interobservador (0.852-0.895). Ambos podólogos fueron cegados tanto a las intenciones del estudio como a la identidad de los participantes. Se utilizó el protocolo de medida usado en otros estudios (194). Los sujetos fueron evaluados en bipedestación relajada, sobre un banco de 50 cm de altura, para facilitar la inspección visual y manual.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó usando el programa SPSS 22.0 (SPSS Inc. USA). Después de comprobar la normalidad de la muestra (Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad de los datos (Levene), se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables. Se realizó análisis bivalente mediante t de Student y Chi cuadrado en el caso de distribución normal. Para el caso contrario, se emplearon pruebas no paramétricas, la U de Man-Whitney

y Prueba Kruskal-Wallis. Se realizó un análisis de la varianza para analizar la asociación entre grupos de IMC (infrapeso, normopeso, sobrepeso y obesidad) y los valores de FPI en ambos pies, aplicando la corrección de Post Hoc para determinar diferencias significativas. El nivel de significancia se determinó en un $p \leq 0,05$.

4.3 RESULTADOS

La media del IMC fue $18.94 \pm 3.65 \text{ kg/m}^2$ en niños y $18.90 \pm 3.64 \text{ kg/m}^2$ en niñas, mientras que el FPI fue de 3.97 ± 2.98 en niños y 3.68 ± 2.86 en niñas, no presentando diferencias significativas en ambas variable entre niños y niñas ($p=0.438$ y $p=0.216$ respectivamente).

Los niños de 6 años presentaron el pie derecho más pronado que las niñas ($4.8 \pm 2.9 - 4.1 \pm 2.8$, $p=0.034$). Del mismo modo el pie derecho en niños de 7 años también resultó más pronado que el de las niñas ($4.4 \pm 2.8 - 3.7 \pm 3.1$, $p=0.049$). Sólo en el grupo de 12 años las niñas presentaron el pie izquierdo más pronado que el de los niños ($5.1 \pm 2.1 - 3.9 \pm 1.8$ - $p=0.037$). En el resto de edades, no existieron diferencias significativas en el FPI entre niños y niñas ($p > 0.05$) (Tabla 7).

Resultado Total FPI		N		Media(SD)		P value
Edad	Lado	Niños	Niñas	Niños	Niñas	
6	Derecho	128	126	4,8(2,9)	4,1(2,8)	<0,05
	Izquierdo	128	126	5(2,9)	4,2(2,7)	0,068
7	Derecho	169	188	4,3(2,9)	3,7(3,0)	0,086
	Izquierdo	169	188	4,4(2,8)	3,7(3,1)	<0,05
8	Derecho	196	166	4,1(3,1)	3,8(2,7)	0,383
	Izquierdo	196	166	4,0(3)	3,9(2,8)	0,523
9	Derecho	128	135	3,3(2,9)	3,2(2,8)	0,792
	Izquierdo	128	135	3,3(2,8)	3,4(2,8)	0,728
10	Derecho	113	143	3,2(2,8)	3,4(2,8)	0,515
	Izquierdo	113	143	3,3(2,8)	3,6(2,9)	0,301
11	Derecho	126	140	3,5(3,1)	3,1(2,8)	0,214
	Izquierdo	126	140	3,7(3,2)	3,2(2,7)	0,214
12	Derecho	13	27	3,6(2,2)	4,7(2,5)	0,156
	Izquierdo	13	27	3,9(1,8)	5,1(2,1)	<0,05

Tabla 7. Diferencia de medias de FPI según edad y género.

El análisis comparativo del FPI en las diferentes categorías del IMC muestra que no existen diferencias significativas entre la postura del pie de los escolares (Tabla 8). Sin embargo, la media del FPI en sujetos con infrapeso fue ligeramente superior al resto de las categorías con 4.4 ± 2.9 y 4.1 ± 2.9 para el pie izquierdo y derecho respectivamente, con una tendencia decreciente inversamente proporcional al IMC. En sujetos con normopeso el valor medio de FPI fue de 3.8 ± 2.9 en el pie derecho y 3.9 ± 2.9 en el pie izquierdo. En el caso de los niños con sobrepeso fue de 3.5 ± 3.0 en el pie derecho y 3.7 ± 3.0 en el pie izquierdo y en los niños con obesidad fue de 3.2 ± 2.9 en el pie derecho y 3.1 ± 2.9 ; precisamente los que presentaban menor grado de pronación según el FPI.

La figura 26 muestra cómo se comporta el FPI en los diferentes grupos de índice de masa corporal.

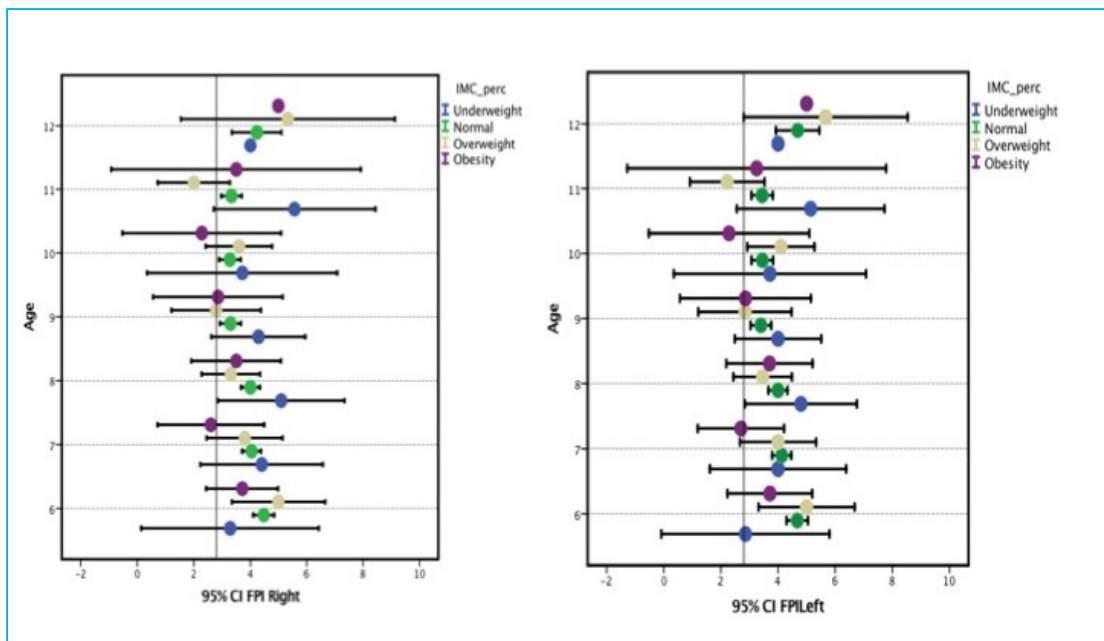


Figura 26. Comportamiento del FPI respecto al IMC y la Edad.

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 1)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%
6	Bajopeso (n=7) P_{<3}	3,29 (3,4)	Normal	-1,187	0,799	-5,63 3,25	2,86(3,2)	-1,813	0,496	-5,97 2,34
			Sobrepeso	-1,714	0,675	-6,26 2,83		-2,143	0,476	-6,45 2,16
			Obesidad	-0,429	0,989	-4,88 4,02		-0,857	0,918	-5,08 3,36
	Normal (n=222) P₃₋₉₀	4,47 (2,85)	Bajopeso	1,187	0,799	-3,25 5,63	4,67(2,82)	1,813	0,496	-2,34 5,97
			Sobrepeso	-0,527	0,913	-2,79 1,74		-0,33	0,977	-2,63 1,97
			Obesidad	0,759	0,553	-1,04 2,55		0,955	0,482	-1,13 3,04
	Sobrepeso(n=18) P₉₀₋₉₇	5,00 (3,33)	Bajopeso	1,714	0,675	-2,83 6,26	5 (3,38)	2,143	0,476	-2,16 6,45
			Normal	0,527	0,913	-1,74 2,79		0,33	0,977	-1,97 2,63
			Obesidad	1,286	0,533	-1,32 3,89		1,286	0,582	-1,5 4,07
	Obesidad (n=7) P_{>97}	3,71 (1,38)	Bajopeso	0,429	0,989	-4,02 4,88	3,71(1,60)	0,857	0,918	-3,36 5,08
			Normal	-0,759	0,553	-2,55 1,04		-0,955	0,482	-3,04 1,13
	Total (n=254)	4,46 (2,87)	Sobrepeso	-1,286	0,533	-3,89 1,32	4,62(2,85)	-1,286	0,582	-4,07 1,5

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 2)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%
7	Bajopeso (n=10) P_{<3}	4,40 (3,03)	Normal	0,358	0,982	-2,64 3,36	4 (3,33)	-0,128	0,999	-3,43 3,17
			Sobrepeso	0,6	0,954	-2,68 3,88		0	1	-3,53 3,53
			Obesidad	1,8	0,504	-1,79 5,39		1,3	0,728	-2,29 4,89
	Normal (n=312) P₃₋₉₀	4,04 (2,99)	Bajopeso	-0,358	0,982	-3,36 2,64	4,13(2,98)	0,128	0,999	-3,17 3,43
			Sobrepeso	0,242	0,984	-1,6 2,09		0,128	0,997	-1,7 1,95
			Obesidad	1,442	0,375	-1,17 4,05		1,428	0,225	-0,67 3,53
	Sobrepeso(n=25) P₉₀₋₉₇	3,80 (3,27)	Bajopeso	-0,6	0,954	-3,88 2,68	4(3,23)	0	1	-3,53 3,53
			Normal	-0,242	0,984	-2,09 1,6		-0,128	0,997	-1,95 1,7
			Obesidad	1,2	0,673	-1,76 4,16		1,3	0,511	-1,25 3,85
	Obesidad (n=10) P_{>97}	2,60 (2,63)	Bajopeso	-1,8	0,504	-5,39 1,79	2,7(2,11)	-1,3	0,728	-4,89 2,29
			Normal	-1,442	0,375	-4,05 1,17		-1,428	0,225	-3,53 0,67
	Total (n=357)	3,99 (3)	Sobrepeso	-1,2	0,673	-4,16 1,76	4,07(2,99)	-1,3	0,511	-3,85 1,25

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 3)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%
8	Bajopeso (n=10) $P_{<3}$	5,10 (3,14)	Normal	1,1	0,703	-2,01 4,21	4,8(2,74)	0,803	0,8	-1,91 3,52
			Sobrepeso	1,792	0,405	-1,45 5,03		1,338	0,553	-1,53 4,21
			Obesidad	1,6	0,567	-1,88 5,08		1,1	0,748	-2,01 4,21
	Normal (n=316) P_{3-90}	4,00 (2,98)	Bajopeso	-1,1	0,703	-4,21 2,01	3,99(2,98)	-0,803	0,8	-3,52 1,91
			Sobrepeso	0,692	0,564	-0,74 2,13		0,535	0,739	-0,89 1,96
			Obesidad	0,5	0,898	-1,71 2,71		0,297	0,972	-1,8 2,4
	Sobrepeso(n=26) P_{90-97}	3,31 (2,56)	Bajopeso	-1,792	0,405	-5,03 1,45	3,46(2,53)	-1,338	0,553	-4,21 1,53
			Normal	-0,692	0,564	-2,13 0,74		-0,535	0,739	-1,96 0,89
			Obesidad	-0,192	0,996	-2,62 2,24	3,7(2,11)	-0,238	0,992	-2,57 2,1
	Obesidad (n=10) $P_{>97}$	3,50 (2,22)	Bajopeso	-1,6	0,567	-5,08 1,88		-1,1	0,748	-4,21 2,01
			Normal	-0,5	0,898	-2,71 1,71		-0,297	0,972	-2,4 1,8
	Total (n=362)	3,97 (2,94)	Sobrepeso	0,192	0,996	-2,24 2,62	3,97(2,92)	0,238	0,992	-2,1 2,57

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 4)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%		Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	
9	Bajopeso (n=7) P_{<3}	4,29 (1,8)	Normal	0,99	0,535	-1,35	3,33	4(1,63)	0,6	0,79	-1,52	2,72
			Sobrepeso	1,496	0,47	-1,34	4,34		1,158	0,653	-1,6	3,92
			Obesidad	1,429	0,62	-2,06	4,92		1,143	0,743	-2,27	4,55
	Normal (n=230) P₃₋₉₀	3,30 (2,84)	Bajopeso	-0,99	0,535	-3,33	1,35	3,4(2,80)	-0,6	0,79	-2,72	1,52
			Sobrepeso	0,506	0,913	-1,66	2,67		0,558	0,896	-1,68	2,79
			Obesidad	0,439	0,966	-2,79	3,67		0,543	0,938	-2,69	3,77
	Sobrepeso(n=19) P₉₀₋₉₇	2,79 (3,28)	Bajopeso	-1,496	0,47	-4,34	1,34	2,83(3,38)	-1,158	0,653	-3,92	1,6
			Normal	-0,506	0,913	-2,67	1,66		-0,558	0,896	-2,79	1,68
			Obesidad	-0,068	1	-3,55	3,42		-0,015	1	-3,53	3,5
	Obesidad (n=7) P_{>97}	2,86 (2,48)	Bajopeso	-1,429	0,62	-4,92	2,06	2,86(2,48)	-1,143	0,743	-4,55	2,27
			Normal	-0,439	0,966	-3,67	2,79		-0,543	0,938	-3,77	2,69
	Total (n=263)	3,27 (2,84)	Sobrepeso	0,068	1	-3,42	3,55	3,36(2,81)	0,015	1	-3,5	3,53

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 5)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%
10	Bajopeso (n=7) P_{<3}	3,71 (3,64)	Normal	0,44	0,988	-4,31 5,19	3,71(3,63)	0,264	0,997	-4,49 5,01
			Sobrepeso	0,114	1	-4,63 4,86		-0,386	0,993	-5,13 4,36
			Obesidad	1,429	0,854	-3,92 6,77		1,429	0,854	-3,92 6,77
	Normal (n=222) P₃₋₉₀	3,27 (2,86)	Bajopeso	-0,44	0,988	-5,19 4,31	3,45(2,85)	-0,264	0,997	-5,01 4,49
			Sobrepeso	-0,325	0,947	-1,97 1,32		-0,65	0,696	-2,29 0,99
			Obesidad	0,989	0,83	-2,98 4,95		1,165	0,755	-2,8 5,13
	Sobrepeso(n=20) P₉₀₋₉₇	3,60 (2,52)	Bajopeso	-0,114	1	-4,86 4,63	4,1(2,51)	0,386	0,993	-4,36 5,13
			Normal	0,325	0,947	-1,32 1,97		0,65	0,696	-0,99 2,29
			Obesidad	1,314	0,739	-2,67 5,3		1,814	0,519	-2,17 5,8
	Obesidad (n=7) P_{>97}	2,29 (3,04)	Bajopeso	-1,429	0,854	-6,77 3,92	2,28(3,04)	-1,429	0,854	-6,77 3,92
			Normal	-0,989	0,83	-4,95 2,98		-1,165	0,755	-5,13 2,8
	Total (n=256)	3,29 (2,85)	Sobrepeso	-1,314	0,739	-5,3 2,67	3,47(2,85)	-1,814	0,519	-5,8 2,17

Análisis Comparativo del FPI en las Diferentes Categorías del IMC (Tabla 8) (Desglosada 6)

Edad (años)	IMC I (Kg/m2)(n)	Media(SD)	IMC J	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%	Media(SD)	Dif. medias (I-J)	p-value	CI 95%
11	Bajopeso (n=7) P_{<3}	5,57 (3,1)	Normal	2,241	0,32	-1,81 6,29	5,14(2,79)	1,701	0,448	-1,94 5,34
			Sobrepeso	3,571	0,091	-0,51 7,66		2,921	0,141	-0,8 6,64
			Obesidad	2,071	0,785	-4,53 8,67		1,893	0,822	-4,72 8,5
	Normal (n=233) P₃₋₉₀	3,33 (2,81)	Bajopeso	-2,241	0,32	-6,29 1,81	3,44(2,88)	-1,701	0,448	-5,34 1,94
			Sobrepeso	1,33	0,185	-0,44 3,1		1,22	0,265	-0,59 3,03
			Obesidad	-0,17	1	-6,36 6,02		0,192	1	-6,15 6,53
	Sobrepeso(n=18) P₉₀₋₉₇	2,00 (2,57)	Bajopeso	-3,571	0,091	-7,66 0,51	2,22(2,62)	-2,921	0,141	-6,64 0,8
			Normal	-1,33	0,185	-3,1 0,44		-1,22	0,265	-3,03 0,59
			Obesidad	-1,5	0,869	-7,71 4,71		-1,028	0,954	-7,39 5,33
	Obesidad (n=8) P_{>97}	3,50 (5,29)	Bajopeso	-2,071	0,785	-8,67 4,53	3,25(5,42)	-1,893	0,822	-8,5 4,72
			Normal	0,17	1	-6,02 6,36		-0,192	1	-6,53 6,15
	Total (n=266)	3,30 (2,92)	Sobrepeso	1,5	0,869	-4,71 7,71	3,39(2,98)	1,028	0,954	-5,33 7,39

4.4 DISCUSIÓN

Este trabajo ha intentado dar respuesta a una duda razonable y constante en la literatura científica, como es la existencia de una relación entre el sobrepeso y la obesidad con la posición del pie.

En nuestra muestra de 1798 escolares, los resultados del Foot Posture Index indican una media total de FPI=3.8 puntos, resultado que coincide con los encontrados por Redmond (132) y Evans (138), de FPI=3.8 puntos y FPI=4.0 puntos respectivamente, y que están dentro de los parámetros de normalidad. Esta posición del pie es casi un punto más pronada que en población adulta, que presenta un FPI=3.0 puntos en población española (203).

Los niños de 6 y 7 años presentaron al menos uno de los pies más pronados que las niñas. Esto pueden explicarse porque entre 6 y 7 años el pie se encuentra en desarrollo y evoluciona de forma natural de una posición aplanada (pronada) a una más neutra (199) (200). Puesto que las niñas se desarrollan antes que los niños, éstas parecen haber cumplido ya este período y presentan menor puntuación en el FPI que los niños, que parecen estar todavía en él con posiciones más pronadas. En las edades de 8, 9, 10 y 11 años no se observaron diferencias significativas entre la postura estática del pie entre niños y niñas, lo que cambia a la edad de 12 años, cuando se invierte esta tendencia, y las niñas presentan el pie más pronado que los niños.

Los resultados del IMC en nuestra muestra escolar se aproximan a los obtenidos por Sobradillo B et al. en una muestra similar (202), con un porcentaje del 10% de sobrepeso. Sin embargo el Instituto Nacional de Estadística (INE) (204) encontró un porcentaje mayor (15%) de obesidad en escolares españoles entre 5 y 9 años en 2010. En el rango de edad entre 10 y 14 años, hemos encontrado un 3% de obesidad, en paralelo a lo encontrado por el INE.

De los resultados obtenidos entre la relación del IMC y el FPI, podemos destacar que no muestran relación directa; contrariamente a lo esperado, se observa cómo los sujetos con menos peso presentan un pie con mayor grado de pronación, mientras los sujetos con obesidad se acercan más a los valores de normalidad definidos en los criterios de evaluación del FPI. Es de suponer que el uso del FPI puede influir en los resultados, ya que incluye la medida en los tres planos espaciales y con medidas en las tres unidades funcionales del pie;

retropié, mediopié y antepié. Esta condición está en contraposición con estudios que sí han obtenido una relación directa entre el IMC y el aumento de la prevalencia del pie plano infantil flexible, en cuyos estudios se ha tenido en cuenta un solo plano espacial, utilizando diferentes elementos de medida, sobretodo la huella plantar (151,159,164,167,205).

La elección del FPI como herramienta de medida ha tenido la intención de obtener datos que puedan analizar la postura del pie en los tres planos del espacio. De modo que se pudiera cuantificar la posición global del pie, y además, evitar el efecto que el volumen de grasa de la planta del pie pudiera influir en el registro y la interpretación de la huella plantar.

Por tanto, nosotros sugerimos estudiar más profundamente nuestros resultados y mejorar el estudio, teniendo en cuenta la historia familiar con datos como tipo de pie, o patologías como la hipermovilidad articular. Consideramos que hay variables que en conjunción con el IMC podrían ser usadas como una herramienta predictiva en patologías músculo-esqueléticas en la población escolar con sobrepeso y obesidad. Estos resultados deben tomarse con cautela y entender su limitación de uso, ya que aunque la representación es amplia, la muestra representa una pequeña parte de una localización muy concreta. Se ha realizado el estudio con una muestra de niños sin limitaciones de peso, por lo que se debería ampliar la muestra exclusivamente de sujetos con sobrepeso y obesidad, lo que mejoraría los resultados dándole mayor importancia a los mismos y podría confirmar si el sobrepeso tiene repercusión directa en la posición del pie. Además, se podrían crear programas de salud que analicen la repercusión de este tipo de problemas en la población infantil a medio y largo plazo.

4.5 CONCLUSIONES

En una población general de niños entre 6 y 11 años con una incidencia de sobrepeso del 10%, la posición del pie no ha presentado una relación directa con la prevalencia del pie plano infantil flexible; inversamente, los sujetos con obesidad o sobrepeso han presentado puntuaciones de FPI más bajas (menor pronación del pie) que el resto de los sujetos con valores de IMC normales o con bajo-peso. En los mismos términos, tampoco se han apreciado relaciones de la edad o el género respecto al IMC o la postura del pie según el Foot Posture Index.

Capítulo 5

LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

5.1 LIMITACIONES DE LA TESIS DOCTORAL

Entre las limitaciones más importantes del presente trabajo, cabe destacar la dificultad para llegar a la población escolar. El factor negativo más inmediato para ello ha sido la falta de recursos humanos para llevar a cabo la recopilación de datos, y su posterior clasificación y análisis. Una de nuestras intenciones fue conseguir un tamaño muestral más potente, aunque se ha trabajado en ambos artículos con un tamaño muestral importante.

El rango de edad de la muestra estudiada en este trabajo ha comprendido desde los 6 a los 12 años, periodo muy susceptible de cambios morfológicos a nivel general y, por tanto, también en el pie, debido al propio proceso de crecimiento. Pero el grupo de edad de 12 años ha sido pobre, por lo que no se ha tenido en cuenta.

5.2 PROSPECTIVA DE LA TESIS DOCTORAL

Estudios similares respecto a los valores de normalidad de la postura del pie en la población pediátrica, realizados en otros países y culturas, podrían reforzar la validez y fiabilidad del FPI como herramienta para el diagnóstico del pie plano infantil flexible.

Puesto que los valores de FPI varían en función de la edad durante la infancia, sería conveniente realizar estudios cohorte hasta la adolescencia, para comprobar la evolución del controvertido pie plano infantil flexible, así como su relación con el peso, la altura y el IMC.

Los valores de normalidad del FPI establecidos en la población infantil respecto a la edad, podrán servir de referencia para comparar la postura del pie y su repercusión biomecánica entre niños con enfermedades musculoesqueléticas y niños sanos.

Capítulo 6

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

La evaluación de la postura del pie según el Foot Posture Index ha generado unos valores de normalidad de entre 3,61 y 4,00 puntos, en el grupo de escolares estudiado con un rango de edad comprendido entre los 6 y los 12 años.

Analizados los resultados de FPI en función de las categorías de Índice de Masa Corporal, los resultados muestran que no existen diferencias significativas de la postura del pie entre la población infantil obesa y el resto. Contrariamente a lo publicado en la mayor parte de literatura científica al respecto, los valores de pronación del pie presentan una leve tendencia inversamente proporcional a los valores de IMC.

El percentil 50 ha mostrado un valor de FPI=5 puntos en los escolares de 6 años, y un FPI=3 puntos en los de 12 años, independientemente del género. Podemos concluir, pues, que existe una reducción natural de la pronación del pie durante el crecimiento entre los 6 y 12 años, dentro de los valores de referencia citados.

El valor medio de FPI=6 puntos se muestra casi de modo uniforme en el percentil 75 para ambos géneros y en el rango de edad descrito. Por tanto, los valores de FPI superiores al percentil 75 mostrarán una postura del pie con pronación no fisiológica. El valor de FPI=1,75 puntos se muestra también como valor medio del percentil 25. Por tanto, los valores de FPI inferiores al percentil 25 mostrarán una postura del pie supinada.

Capítulo 7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Payne VG, Isaacs LD. Human motor development: A lifespan approach. 7th ed. New York NY: McGraw-Hill; 2008.
2. Tachdjian MO, Merlo FJ, de Kees MCM. Ortopedia clínica pediátrica: diagnóstico y tratamiento. Buenos Aires: Médica Panamericana; 1999.
3. Sarrafian SK. Anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1993.
4. O’Rahilly R, Müller F. Developmental stages in human embryos. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington; 1987.
5. Tachdjian MO. The child’s foot. Philadelphia: Saunders; 1985.
6. Evans AM, Scutter SD, Iasiello H. Sonographic Investigation of the Pediatric Navicular: An Exploratory Study in Four-Year-Old Children. J Diagn Med Sonogr. 2003 Jan 7;19(4):217–27.
7. Evans AM. Paediatrics. The Pocket Podiatry Guide. 1st ed. New York NY: Churchill Livingstone Elsevier; 2010.
8. Shepherd RB. Physiotherapy in paediatrics. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1995.
9. Bareither D. Prenatal development of the foot and ankle. J Am Podiatr Med Assoc. 1995 Dec;85(12):753–64.
10. Cusick BD. Progressive casting and splinting for lower extremity deformities in children with neuromotor dysfunction. Tuscon: Therapy Skill Builders; 1990.
11. Talamillo A, Bastida MF, Fernandez-Teran M, Ros MA. The developing limb and the control of the number of digits. Clin Genet. 2005 Feb;67(2):143–53.
12. Niklasson A, Albertsson-Wikland K. Continuous growth reference from 24th week of gestation to 24 months by gender. BMC Pediatr. 2008;8:8.
13. Thomson P, DPodM Mc, Volpe RG, others. Introduction to Podopediatrics. London, UK: WB Saunders Co; 1993.
14. Morcuende JA, Dolan LA, Dietz FR, Ponseti IV. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method. Pediatrics. 2004 Feb;113(2):376–80.
15. Staheli L. Clubfoot: Ponseti management. 3rd ed. Seattle WA: Global HELP Organization; 2009.
16. Ponseti IV, Zhivkov M, Davis N, Sinclair M, Dobbs MB, Morcuende JA. Treatment of the complex idiopathic clubfoot. Clin Orthop. 2006;451:171–6.
17. Berthonnaud E, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. Spine. 2004 Aug 1;29(15):1642–7.

18. Fabry G, Cheng LX, Molenaers G. Normal and abnormal torsional development in children. *Clin Orthop*. 1994 May;(302):22–6.
19. Valmassy RL. *Clinical biomechanics of the lower extremities*. St Louis: Mosby Inc; 1995.
20. Cusick BD, Stuberg WA. Assessment of lower-extremity alignment in the transverse plane: implications for management of children with neuromotor dysfunction. *Phys Ther*. 1992 Jan;72(1):3–15.
21. Davids JR, Benfanti P, Blackhurst DW, Allen BL. Assessment of femoral anteversion in children with cerebral palsy: accuracy of the trochanteric prominence angle test. *J Pediatr Orthop*. 2002 Apr;22(2):173–8.
22. Pasciak M, Stoll TM, Hefti F. Relation of femoral to tibial torsion in children measured by ultrasound. *J Pediatr Orthop Part B*. 1996;5(4):268–72.
23. Heath CH, Staheli LT. Normal limits of knee angle in white children--genu varum and genu valgum. *J Pediatr Orthop*. 1993 Apr;13(2):259–62.
24. Beeson P. Frontal plane configuration of the knee in children. *The Foot*. 1999;9(1):18–26.
25. Cheng JC, Chan PS, Chiang SC, Hui PW. Angular and rotational profile of the lower limb in 2,630 Chinese children. *J Pediatr Orthop*. 1991 Apr;11(2):154–61.
26. Accadbled F, Laville J-M, Harper L. One-step treatment for evolved Blount's disease: four cases and review of the literature. *J Pediatr Orthop*. 2003 Dec;23(6):747–52.
27. DeValentine SJ. *Foot and ankle disorders in children*. New York, NY: Churchill Livingstone; 1992.
28. Drennan JC. *The child's foot and ankle*. New York, NY: Raven Press New York; 1992.
29. Root ML, Orien WP, Weed JH. *Normal and abnormal function of the foot*. Los Angeles: Clinical Biomechanics; 1977.
30. Keenan A. A clinician's guide to the practical implications of the recent controversy of foot function. *Australas J Podiatr Med*. 1997 Sep;31(3):87–93.
31. Kirby KA. Methods for determination of positional variations in the subtalar joint axis. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1987 May;77(5):228–34.
32. Kirby KA. Rotational equilibrium across the subtalar joint axis. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1989 Jan;79(1):1–14.
33. Nester CJ, Findlow AH. Clinical and experimental models of the midtarsal joint: proposed terms of reference and associated terminology. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2006 Feb;96(1):24–31.

34. Harris EJ. The natural history and pathophysiology of flexible flatfoot. *Clin Podiatr Med Surg*. 2010 Jan;27(1):1–23.
35. Staheli LT. Evaluation of planovalgus foot deformities with special reference to the natural history. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1987 Jan;77(1):2–6.
36. Staheli LT. Planovalgus foot deformity. Current status. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1999 Feb;89(2):94–9.
37. McCarthy DJ. The developmental anatomy of pes valgo planus. *Clin Podiatr Med Surg*. 1989 Jul;6(3):491–509.
38. Huson A. Joints and movements of the foot: terminology and concepts. *Acta Morphol Neerl Scand*. 1987;25(3):117–30.
39. Greiner TM. The jargon of pedal movements. *Foot Ankle Int*. 2007 Jan;28(1):109–25.
40. Green DR, Carol A. Planal dominance. *J Am Podiatry Assoc*. 1984 Feb;74(2):98–103.
41. Labovitz JM. The algorithmic approach to pediatric flexible pes planovalgus. *Clin Podiatr Med Surg*. 2006 Jan;23(1):57–76, viii.
42. Sarrafian SK. Biomechanics of the subtalar joint complex. *Clin Orthop*. 1993 May;(290):17–26.
43. Epeldegui T, Delgado E. Acetabulum pedis. Part II: Talocalcaneonavicular joint socket in clubfoot. *J Pediatr Orthop Part B*. 1995;4(1):11–6.
44. Golano P, Fariñas O, Sáenz I. The anatomy of the navicular and periarticular structures. *Foot Ankle Clin*. 2004 Mar;9(1):1–23.
45. Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg Off Publ Am Coll Foot Ankle Surg*. 2004 Dec;43(6):341–73.
46. Zollinger H, Fellmann J. Natural course of juvenile foot deformities. *Orthop*. 1994 Jun;23(3):206–10.
47. Harris RI, Beath T. Hypermobile flat-foot with short tendo achillis. *J Bone Joint Surg Am*. 1948 Jan;30A(1):116–40.
48. Cappello T, Song KM. Determining treatment of flatfeet in children. *Curr Opin Pediatr*. 1998 Feb;10(1):77–81.
49. Sullivan JA. Pediatric flatfoot: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 1999 Jan;7(1):44–53.
50. Tax HR. Conservative treatment of flatfoot in the newborn. *Clin Podiatr Med Surg*. 1989 Jul;6(3):521–36.

51. Harris EJ. The relationship of the ossification centers of the talus and calcaneus to the developing bone. *J Am Podiatry Assoc.* 1976 Feb;66(2):76–81.
52. Howard CB, Benson MK. The ossific nuclei and the cartilage anlage of the talus and calcaneum. *J Bone Joint Surg Br.* 1992 Jul;74(4):620–3.
53. Hubbard AM, Meyer JS, Davidson RS, Mahboubi S, Harty MP. Relationship between the ossification center and cartilaginous anlage in the normal hindfoot in children: study with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 1993 Oct;161(4):849–53.
54. Böhler A. [Insole management of pediatric flatfoot]. *Orthop.* 1986 Jun;15(3):205–11.
55. Napolitano C, Walsh S, Mahoney L, McCrea J. Risk factors that may adversely modify the natural history of the pediatric pronated foot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2000 Jul;17(3):397–417.
56. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1987 Mar;69(3):426–8.
57. Gould N, Moreland M, Alvarez R, Trevino S, Fenwick J. Development of the child's arch. *Foot Ankle.* 1989 Apr;9(5):241–5.
58. García-Rodríguez A, Martín-Jiménez F, Carnero-Varo M, Gómez-Gracia E, Gómez-Aracena J, Fernández-Crehuet J. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics.* 1999 Jun;103(6):e84.
59. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop.* 2001 Jun;21(3):378–82.
60. El O, Akcali O, Kosay C, Kaner B, Arslan Y, Sagol E, et al. Flexible flatfoot and related factors in primary school children: a report of a screening study. *Rheumatol Int.* 2006 Sep;26(11):1050–3.
61. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006 Aug;118(2):634–9.
62. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle.* 1990 Oct;11(2):101–4.
63. Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med.* 1993 Jul;2(7):773–7.
64. Rudzki SJ. Injuries in Australian Army recruits. Part III: The accuracy of a pretraining orthopedic screen in predicting ultimate injury outcome. *Mil Med.* 1997 Jul;162(7):481–3.
65. Hogan MT, Staheli LT. Arch height and lower limb pain: an adult civilian study. *Foot Ankle Int.* 2002 Jan;23(1):43–7.
66. Abdel-Fattah MM, Hassanin MM, Felembane FA, Nassaane MT. Flat foot among Saudi Arabian army recruits: prevalence and risk factors. *East Mediterr Health J Rev*

- Santé Méditerranée Orient Al-Majallah Al-Şihhīyah Li-Sharq Al-Mutawassīṭ. 2006 Mar;12(1-2):211–7.
67. Rose GK, Welton EA, Marshall T. The diagnosis of flat foot in the child. *J Bone Joint Surg Br.* 1985 Jan;67(1):71–8.
 68. Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Clinical or radiologic measurements and 3-D gait analysis in children with pes planus. *Pediatr Int Off J Jpn Pediatr Soc.* 2009 Apr;51(2):201–5.
 69. Kanatli U, Yetkin H, Cila E. Footprint and radiographic analysis of the feet. *J Pediatr Orthop.* 2001 Apr;21(2):225–8.
 70. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop.* 2008 Aug;28(5):593–6.
 71. Akcali O, Tiner M, Ozaksoy D. Effects of lower extremity rotation on prognosis of flexible flatfoot in children. *Foot Ankle Int.* 2000 Sep;21(9):772–4.
 72. Harty MP. Imaging of pediatric foot disorders. *Radiol Clin North Am.* 2001 Jul;39(4):733–48.
 73. Pehlivan O, Cilli F, Mahirogullari M, Karabudak O, Koksall O. Radiographic correlation of symptomatic and asymptomatic flexible flatfoot in young male adults. *Int Orthop.* 2009 Apr;33(2):447–50.
 74. Kuhn DR, Shibley NJ, Austin WM, Yochum TR. Radiographic evaluation of weight-bearing orthotics and their effect on flexible pes planus. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999 May;22(4):221–6.
 75. Vanderwilde R, Staheli LT, Chew DE, Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *J Bone Joint Surg Am.* 1988 Mar;70(3):407–15.
 76. Bleck EE, Berzins UJ. Conservative management of pes valgus with plantar flexed talus, flexible. *Clin Orthop.* 1977 Feb;(122):85–94.
 77. Wenger DR, Leach J. Foot deformities in infants and children. *Pediatr Clin North Am.* 1986 Dec;33(6):1411–27.
 78. Jani L. [Pediatric flatfoot]. *Orthop.* 1986 Jun;15(3):199–204.
 79. Zollinger H, Exner GU. [The lax juvenile flexible flatfoot--disease or normal variant?]. *Ther Umsch Rev Thérapeutique.* 1995 Jul;52(7):449–53.
 80. Hefti F, Brunner R. [Flatfoot]. *Orthop.* 1999 Feb;28(2):159–72.
 81. Li Y, Leong J. Intoeing gait in children. *Hong Kong Med J.* 1999 Dec;5(4):360–6.
 82. Whitford D, Esterman A. A randomized controlled trial of two types of in-shoe orthoses in children with flexible excess pronation of the feet. *Foot Ankle Int.* 2007 Jun;28(6):715–23.

83. Evans AM. Relationship between 'growing pains' and foot posture in children: single-case experimental designs in clinical practice. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003 Apr;93(2):111–7.
84. Evans AM, Scutter SD. Are foot posture and functional health different in children with growing pains? *Pediatr Int Off J Jpn Pediatr Soc.* 2007 Dec;49(6):991–6.
85. Kirby KA. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001 Oct;91(9):465–87.
86. McPoil T, Cornwall MW. Relationship between neutral subtalar joint position and pattern of rearfoot motion during walking. *Foot Ankle Int.* 1994 Mar;15(3):141–5.
87. Ball KA, Afheldt MJ. Evolution of foot orthotics--part 2: research reshapes long-standing theory. *J Manipulative Physiol Ther.* 2002 Feb;25(2):125–34.
88. Barroso JL, Barriga A, Barrecheguren EG, Villas C, Beguiristáin JL. [Congenital synostoses of the tarsus. Concept, classification, diagnosis and therapeutic approach]. *Rev Med Univ Navarra.* 2001 Mar;45(1):43–52.
89. Blakemore LC, Cooperman DR, Thompson GH. The rigid flatfoot. Tarsal coalitions. *Clin Podiatr Med Surg.* 2000 Jul;17(3):531–55.
90. Lowy LJ. Pediatric peroneal spastic flatfoot in the absence of coalition. A suggested protocol. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998 Apr;88(4):181–91.
91. Furdon SA, Donlon CR. Examination of the newborn foot: positional and structural abnormalities. *Adv Neonatal Care Off J Natl Assoc Neonatal Nurses.* 2002 Oct;2(5):248–58.
92. Correll J, Berger N. Diagnosis and treatment of disorders of the foot in children. *Orthop.* 2005 Oct;34(10):1061–72; quiz 1073–4.
93. Gore AI, Spencer JP. The newborn foot. *Am Fam Physician.* 2004 Feb 15;69(4):865–72.
94. Hart ES, Grottkau BE, Rebello GN, Albright MB. The newborn foot: diagnosis and management of common conditions. *Orthop Nurs.* 2005 Oct;24(5):313–21; quiz 322–3.
95. Omololu B, Ogunlade SO, Alonge TO. Pattern of congenital orthopaedic malformations in an African teaching hospital. *West Afr J Med.* 2005 Jun;24(2):92–5.
96. Nunes D, Dutra MG. Epidemiological study of congenital talipes calcaneovalgus. *Braz J Med Biol Res Rev Bras Pesqui Médicas E Biológicas Soc Bras Biofísica Al.* 1986;19(1):59–62.
97. Paton RW, Choudry Q. Neonatal foot deformities and their relationship to developmental dysplasia of the hip: an 11-year prospective, longitudinal observational study. *J Bone Joint Surg Br.* 2009 May;91(5):655–8.

98. Greenberg AJ. Congenital vertical talus and congenital calcaneovalgus deformity: a comparison. *J Foot Surg.* 1981;20(4):189–93.
99. Rodrigues RC, Dias LS. Calcaneus deformity in spina bifida: results of anterolateral release. *J Pediatr Orthop.* 1992 Aug;12(4):461–4.
100. Kumar SJ, Cowell HR, Ramsey PL. Vertical and oblique talus. *Instr Course Lect.* 1982;31:235–51.
101. Phillips RD. Planovalgus foot deformity revisited. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1999 May;89(5):265–8; author reply 269.
102. Evans AM. The flat-footed child -- to treat or not to treat: what is the clinician to do? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008 Oct;98(5):386–93.
103. Fritsch H, Schmitt O, Eggers R. The ossification centre of the talus. *Ann Anat Anat Anz Off Organ Anat Ges.* 1996 Oct;178(5):455–9.
104. Redmond AC, Crosbie J, Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: the Foot Posture Index. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2006 Jan;21(1):89–98.
105. Sellers G. Anthony Redmond [Internet]. [cited 2015 Oct 25]. Available from: http://medhealth.leeds.ac.uk/profile/750/732/anthony_redmond
106. Redmond A, Crosbie J, Peat J, Burns J, Ouvrier R. A new criterion based, composite clinical rating system for the quantification of foot posture: its validation and use in clinical trials. In: 19th Australasian Podiatry Conference [Internet]. 2001 [cited 2015 Oct 25]. p. 16–7. Available from: <https://www.jiscmail.ac.uk/cgi-bin/webadmin?A3=ind01&L=PODIATRY&E=quoted-printable&P=9905707&B>
107. Diamond JE, Mueller MJ, Delitto A, Sinacore DR. Reliability of a diabetic foot evaluation. *Phys Ther.* 1989 Oct;69(10):797–802.
108. Dahle LK, Mueller MJ, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14(2):70–4.
109. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003 Jun;93(3):203–13.
110. Redmond A, Burns J, Crosbie J, Ouvrier R, Peat J. An initial appraisal of the validity of a criterion based, observational clinical rating system for foot posture. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31:160.
111. Scharfbillig R, Evans AM, Copper AW, Williams M, Scutter S, Iasiello H, et al. Criterion validation of four criteria of the foot posture index. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004 Feb;94(1):31–8.
112. Williams DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2001 May;16(4):341–7.

113. Busseuil C, Freychat P, Guedj EB, Lacour JR. Rearfoot-forefoot orientation and traumatic risk for runners. *Foot Ankle Int.* 1998 Jan;19(1):32–7.
114. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med.* 1999 Oct;27(5):585–93.
115. Bennett JE, Reinking MF, Pluemer B, Pentel A, Seaton M, Killian C. Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Sep;31(9):504–10.
116. Burns J, Keenan A-M, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005 Jun;95(3):235–41.
117. Saltzman CL, Domsic RT, Baumhauer JF, Deland JT, Gill LH, Hurwitz SR, et al. Foot and ankle research priority: report from the Research Council of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle Int.* 1997;18(7):447–8.
118. Static and Dynamic Classification of the Foot, May 19–20, 2000, Annapolis, Maryland. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Mar 1;31(3):153–60.
119. Kitaoka HB, Luo ZP, An KN. Effect of the posterior tibial tendon on the arch of the foot during simulated weightbearing: biomechanical analysis. *Foot Ankle Int.* 1997 Jan;18(1):43–6.
120. Likert RA. A technique for the development of attitude scales. *Educ Psychol Meas.* 1952;12(2):313–5.
121. Thomson CE. An investigation into the reliability of the valgus index and its validity as a clinical measurement. *The Foot.* 1994;4(4):191–7.
122. Rose GK. *Pes Planus*. In: Jahss, M. (Ed), *Disorders of the foot and ankle: medical and surgical management*, second ed. Philadelphia: WB Saunders; 1991. p 892-920.
123. McPoil TG, Cornwall MW, Medoff L, Vicenzino B, Forsberg K, Hiltz D. Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test. *J Foot Ankle Res.* 2008;1(1):3.
124. Noakes H, Payne C. The reliability of the manual supination resistance test. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003 Jun;93(3):185–9.
125. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med.* 2004 May;32(3):772–80.
126. Keenan A-M, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007 Jan;88(1):88–93.
127. Nubé VL, Molyneaux L, Yue DK. Biomechanical risk factors associated with neuropathic ulceration of the hallux in people with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2006 Jun;96(3):189–97.

128. Rome K, Brown CL. Randomized clinical trial into the impact of rigid foot orthoses on balance parameters in excessively pronated feet. *Clin Rehabil.* 2004 Sep;18(6):624–30.
129. Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *J Sci Med Sport Sports Med Aust.* 2007 Oct;10(5):311–9.
130. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006 Aug;61(8):866–70.
131. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture.* 2007 Jun;26(1):68–75.
132. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res.* 2008;1(1):6.
133. Morrison SC, Ferrari J. Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *J Foot Ankle Res.* 2009;2:26.
134. Picciano AM, Rowlands MS, Worrell T. Reliability of open and closed kinetic chain subtalar joint neutral positions and navicular drop test. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993 Oct;18(4):553–8.
135. Vinicombe A, Raspovic A, Menz HB. Reliability of navicular displacement measurement as a clinical indicator of foot posture. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001 May;91(5):262–8.
136. Van Gheluwe B, Kirby KA, Roosen P, Phillips RD. Reliability and accuracy of biomechanical measurements of the lower extremities. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002 Jun;92(6):317–26.
137. Evans AM. The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7 - 10 years. *J Foot Ankle Res.* 2011;4(1):12.
138. Evans AM, Rome K, Peet L. The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: a reliability study. *J Foot Ankle Res.* 2012;5(1):1.
139. Kennedy J, Noel J, O'Meara A, Kelly P. Foot and ankle abnormalities in the Hurler syndrome: additions to the phenotype. *J Pediatr Orthop.* 2013 Aug;33(5):558–62.
140. Tong JWK, Kong PW. Association between foot type and lower extremity injuries: systematic literature review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013 Oct;43(10):700–14.
141. Williams C, Tinley PD, Curtin M, Nielsen S. Foot and ankle characteristics of children with an idiopathic toe-walking gait. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2013 Oct;103(5):374–9.
142. Lee JS, Kim KB, Jeong JO, Kwon NY, Jeong SM. Correlation of foot posture index with plantar pressure and radiographic measurements in pediatric flatfoot. *Ann Rehabil Med.* 2015 Feb;39(1):10–7.

143. James AM, Williams CM, Luscombe M, Hunter R, Haines TP. Factors Associated with Pain Severity in Children with Calcaneal Apophysitis (Sever Disease). *J Pediatr*. 2015 Aug;167(2):455–9.
144. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000 May 6;320(7244):1240–3.
145. Ogden CL, Carroll MD, Kit BK, Flegal KM. Prevalence of childhood and adult obesity in the United States, 2011-2012. *JAMA*. 2014 Feb 26;311(8):806–14.
146. Neef M, Weise S, Adler M, Sergeyev E, Dittrich K, Körner A, et al. Health impact in children and adolescents. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2013 Apr;27(2):229–38.
147. Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Ferrández A, López-Siguero JP, Sánchez E, et al. Spanish growth studies 2008. New anthropometric standards. *Endocrinol Nutr Órgano Soc Esp Endocrinol Nutr*. 2008 Dec;55(10):484–506.
148. Sánchez-Cruz J-J, Jiménez-Moleón JJ, Fernández-Quesada F, Sánchez MJ. Prevalence of child and youth obesity in Spain in 2012. *Rev Esp Cardiol Engl Ed*. 2013 May;66(5):371–6.
149. Halfon N, Larson K, Slusser W. Associations between obesity and comorbid mental health, developmental, and physical health conditions in a nationally representative sample of US children aged 10 to 17. *Acad Pediatr*. 2013 Feb;13(1):6–13.
150. Freedman DS, Mei Z, Srinivasan SR, Berenson GS, Dietz WH. Cardiovascular risk factors and excess adiposity among overweight children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *J Pediatr*. 2007 Jan;150(1):12–7.e2.
151. Villarroya MA, Esquivel JM, Tomás C, Moreno LA, Buenafé A, Bueno G. Assessment of the medial longitudinal arch in children and adolescents with obesity: footprints and radiographic study. *Eur J Pediatr*. 2009 May;168(5):559–67.
152. Gervis WH. Flat foot. *Br Med J*. 1970 Feb 21;1(5694):479–81.
153. Stevens PM, MacWilliams B, Mohr RA. Gait analysis of stapling for genu valgum. *J Pediatr Orthop*. 2004 Feb;24(1):70–4.
154. Taylor ED, Theim KR, Mirch MC, Ghorbani S, Tanofsky-Kraff M, Adler-Wailes DC, et al. Orthopedic complications of overweight in children and adolescents. *Pediatrics*. 2006 Jun;117(6):2167–74.
155. Gettys FK, Jackson JB, Frick SL. Obesity in pediatric orthopaedics. *Orthop Clin North Am*. 2011 Jan;42(1):95–105, vii.
156. Mauch M, Grau S, Krauss I, Maiwald C, Horstmann T. Foot morphology of normal, underweight and overweight children. *Int J Obes*. 2008 Jul;32(7):1068–75.
157. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. The feet of overweight and obese young children: are they flat or fat? *Obes Silver Spring Md*. 2006 Nov;14(11):1949–53.

158. Bordin D, De Giorgi G, Mazzocco G, Rigon F. Flat and cavus foot, indexes of obesity and overweight in a population of primary-school children. *Minerva Pediatr.* 2001 Feb;53(1):7–13.
159. Dowling AM, Steele JR, Baur LA. Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children? *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* 2001 Jun;25(6):845–52.
160. Malleson P, Clinch J. Pain syndromes in children. *Curr Opin Rheumatol.* 2003 Sep;15(5):572–80.
161. de Sá Pinto AL, de Barros Holanda PM, Radu AS, Villares SMF, Lima FR. Musculoskeletal findings in obese children. *J Paediatr Child Health.* 2006 Jun;42(6):341–4.
162. Wearing SC, Hennig EM, Byrne NM, Steele JR, Hills AP. The impact of childhood obesity on musculoskeletal form. *Obes Rev Off J Int Assoc Study Obes.* 2006 May;7(2):209–18.
163. Brooks PM. The burden of musculoskeletal disease--a global perspective. *Clin Rheumatol.* 2006 Nov;25(6):778–81.
164. Chang J-H, Wang S-H, Kuo C-L, Shen HC, Hong Y-W, Lin L-C. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr.* 2010 Apr;169(4):447–52.
165. Vanstory M, Chambliss ML, Mackler L. How should you treat a child with flat feet? *J Fam Pr.* 2010 Jun;59(6):360c – 360e.
166. Evans AM, Rome K. A Cochrane review of the evidence for non-surgical interventions for flexible pediatric flat feet. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011 Mar;47(1):69–89.
167. Woźniacka R, Bac A, Matusik S, Szczygieł E, Ciszek E. Body weight and the medial longitudinal foot arch: high-arched foot, a hidden problem? *Eur J Pediatr.* 2013 May;172(5):683–91.
168. Morrison SC, Durward BR, Watt GF, Donaldson MDC. Anthropometric foot structure of peripubescent children with excessive versus normal body mass: a cross-sectional study. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2007 Oct;97(5):366–70.
169. Denis A. Pied plat valgus statique. *Encyclopedie Medico-Chirurgicale Appareil Locomoteur.* Paris: Editions Techniques; 1974.
170. Sadeghi-Demneh E, Jafarian F, Melvin JMA, Azadinia F, Shamsi F, Jafarpishe M. Flatfoot in school-age children: prevalence and associated factors. *Foot Ankle Spec.* 2015 Jun;8(3):186–93.
171. Stolzman S, Irby MB, Callahan AB, Skelton JA. Pes planus and paediatric obesity: a systematic review of the literature. *Clin Obes.* 2015 Apr;5(2):52–9.

172. Tucker J, Moore M, Rooy J, Wright A, Rothschild C, Werk LN. Reliability of Common Lower Extremity Biomechanical Measures of Children With and Without Obesity. *Pediatr Phys Ther Off Publ Sect Pediatr Am Phys Ther Assoc.* 2015;27(3):250–6.
173. Bordelon RL. Hypermobility flatfoot in children. Comprehension, evaluation, and treatment. *Clin Orthop.* 1983 Dec;(181):7–14.
174. Tareco JM, Miller NH, MacWilliams BA, Michelson JD. Defining flatfoot. *Foot Ankle Int.* 1999 Jul;20(7):456–60.
175. Onodera AN, Sacco ICN, Morioka EH, Souza PS, de Sá MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *Foot Edinb Scotl.* 2008 Sep;18(3):142–9.
176. Jane MacKenzie A, Rome K, Evans AM. The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: a critical review. *J Pediatr Orthop.* 2012 Dec;32(8):830–4.
177. Barton CJ, Bonanno D, Levinger P, Menz HB. Foot and ankle characteristics in patellofemoral pain syndrome: a case control and reliability study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 May;40(5):286–96.
178. WHO | Obesity and overweight [Internet]. WHO. [cited 2015 Jan 11]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
179. Jebb SA, Lambert J. Overweight and obesity in European children and adolescents. *Eur J Pediatr.* 2000 Sep;159 Suppl 1:S2–4.
180. Livingstone B. Epidemiology of childhood obesity in Europe. *Eur J Pediatr.* 2000 Aug 1;159(1):S14–34.
181. Zimmermann MB, Gübeli C, Püntener C, Molinari L. Overweight and obesity in 6-12 year old children in Switzerland. *Swiss Med Wkly.* 2004 Sep 4;134(35-36):523–8.
182. James WP. What are the health risks? The medical consequences of obesity and its health risks. *Exp Clin Endocrinol Diabetes Off J Ger Soc Endocrinol Ger Diabetes Assoc.* 1998;106 Suppl 2:1–6.
183. Messier SP, Gutekunst DJ, Davis C, DeVita P. Weight loss reduces knee-joint loads in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2005 Jul;52(7):2026–32.
184. Chen K-C, Yeh C-J, Kuo J-F, Hsieh C-L, Yang S-F, Wang C-H. Footprint analysis of flatfoot in preschool-aged children. *Eur J Pediatr.* 2011 May;170(5):611–7.
185. Fascione JM, Crews RT, Wrobel JS. Association of footprint measurements with plantar kinetics: a linear regression model. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014 Mar;104(2):125–33.

186. Chang C-H, Chen Y-C, Yang W-T, Ho P-C, Hwang A-W, Chen C-H, et al. Flatfoot diagnosis by a unique bimodal distribution of footprint index in children. *PloS One*. 2014;9(12):e115808.
187. Bookstein FL, Domjanic J. The Principal Components of Adult Female Insole Shape Align Closely with Two of Its Classic Indicators. *PloS One*. 2015;10(8):e0133303.
188. Metcalfe SA, Bowling FL, Baltzopoulos V, Maganaris C, Reeves ND. The reliability of measurements taken from radiographs in the assessment of paediatric flat foot deformity. *Foot Edinb Scotl*. 2012 Sep;22(3):156–62.
189. Arunakul M, Amendola A, Gao Y, Goetz JE, Femino JE, Phisitkul P. Tripod index: a new radiographic parameter assessing foot alignment. *Foot Ankle Int*. 2013 Oct;34(10):1411–20.
190. Yan G, Yang Z, Lu M, Zhang J, Zhu Z, Guo Y. Relationship between symptoms and weight-bearing radiographic parameters of idiopathic flexible flatfoot in children. *Chin Med J (Engl)*. 2013;126(11):2029–33.
191. Pauk J, Ihnatouski M, Najafi B. Assessing plantar pressure distribution in children with flatfoot arch: application of the Clarke angle. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2014 Nov;104(6):622–32.
192. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Motion analysis to track navicular displacements in the pediatric foot: relationship with foot posture, body mass index, and flexibility. *Foot Ankle Int*. 2014 Sep;35(9):929–37.
193. Abourazzak FE, Kadi N, Azzouzi H, Lazrak F, Najdi A, Nejari C, et al. A positive association between foot posture index and medial compartment knee osteoarthritis in moroccan people. *Open Rheumatol J*. 2014;8:96–9.
194. Luque-Suarez A, Gijon-Nogueron G, Baron-Lopez FJ, Labajos-Manzanares MT, Hush J, Hancock MJ. Effects of kinesiotaping on foot posture in participants with pronated foot: a quasi-randomised, double-blind study. *Physiotherapy*. 2014 Mar;100(1):36–40.
195. Jordan KP, Kadam UT, Hayward R, Porcheret M, Young C, Croft P. Annual consultation prevalence of regional musculoskeletal problems in primary care: an observational study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:144.
196. Humphrey LR, Hemami H. A computational human model for exploring the role of the feet in balance. *J Biomech*. 2010 Dec 1;43(16):3199–206.
197. Zhang S, Li L. The differential effects of foot sole sensory on plantar pressure distribution between balance and gait. *Gait Posture*. 2013 Apr;37(4):532–5.
198. Arnold JB, Mackintosh S, Jones S, Thewlis D. Differences in foot kinematics between young and older adults during walking. *Gait Posture*. 2014 Feb;39(2):689–94.
199. Nemeth B. The diagnosis and management of common childhood orthopedic disorders. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*. 2011 Jan;41(1):2–28.

200. Levangie PK, Norkin CC. Joint structure & function a comprehensive analysis. 2nd ed. Philadelphia: Davis; 1992. xvii, 512.
201. Echarri JJ, Forriol F. The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop Part B*. 2003 Mar;12(2):141–6.
202. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U. Curvas y tablas de crecimiento:(estudios longitudinal y transversal). Bilbao: Fundación Faustino Orbegoza Eizaguirre; 2004.
203. Gijon-Nogueron G, Sanchez-Rodriguez R, Lopezosa-Reca E, Cervera-Marin JA, Martinez-Quintana R, Martinez-Nova A. Normal values of the Foot Posture Index in a young adult Spanish population: a cross-sectional study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2015 Feb;105(1):42–6.
204. Encuesta Nacional de Salud en España 2006. Ministerio de Sanidad y Política Social, 2010. [Internet]. [cited 2016 Jan 17]. Available from: <http://www.msc.es/estadEstudios/estadisticas/encuestaNacional/encuesta2006.htm>
205. Chen J-P, Chung M-J, Wang M-J. Flatfoot prevalence and foot dimensions of 5- to 13-year-old children in Taiwan. *Foot Ankle Int*. 2009 Apr;30(4):326–32.

Capítulo 8

ANEXOS

ANEXO 1. Autorización de los padres a la exploración.

UNIVERSIDAD
DE MÁLAGAFacultad de Ciencias de la Salud
Departamento de Enfermería y Podología
Unidad Docente Asistencial de Podología

HOJA INFORMATIVA PARA LAS FAMILIAS DE LOS ALUMNOS/AS DEL COLEGIO BLAS INFANTE DE MÁLAGA

Estimados padres, madres y tutores/as,

Como en años anteriores, nos ponemos en contacto con ustedes para darles a conocer las actividades que se van a desarrollar en el Colegio Blas Infante, dentro del Programa de Atención Podológica en la Población Escolar (PAPPE), que hemos desarrollado desde la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Málaga, como parte de los contenidos y competencias de la Titulación de Grado en Podología recientemente instaurado en nuestro país, tras la adaptación de los estudios de Diplomado Universitario en Podología al Espacio Europeo de Educación Superior.

Con el programa PAPPE se pretende detectar alteraciones podológicas en los niños y niñas de Málaga, así como su relación con el sobrepeso y la obesidad en edades tempranas.

Las actividades serán llevadas a cabo por el alumnado de cuarto curso del Grado de Podología, bajo supervisión directa del profesorado de la Facultad. Esta actividad es estrictamente observacional y, por tanto, no entraña ningún riesgo para el alumno/a del Centro, pero permite, en caso de detección de alguna anomalía, ofertar consejo sanitario a los padres y, si se considerase necesaria una intervención más completa, podríamos ofertarles la provisión de atención en la Unidad Docente Asistencial Podológica de la Facultad.

Los datos obtenidos se incluirán en el registro clínico de atención podológica del Departamento de Enfermería y Podología, respetando la identidad de los participantes conforme a las normas éticas y de protección de datos pertinentes. Esta información se utilizará exclusivamente con finalidad asistencial en el caso de que lo requiriesen los afectados y para la docencia e investigación en procesos podológicos infantiles. Al finalizar el estudio, cada una de las familias recibirá un informe para conocer las características podológicas de sus hijos.

Esperamos que valoren positivamente la realización de esta actividad y colaboren en este proyecto, quedando a su disposición para cualquier información relacionada con la salud de los pies de sus hijos.

Atentamente, le enviamos un cordial saludo

D./Dña.....con DNI.....

Padre, Madre o Tutor del alumno/a.....
del Colegio Blas Infante de Málaga

Autorizo la realización de la exploración podológica a mi hijo/a durante el periodo de primaria.

Firma,

Málaga, a.....de.....de 201_


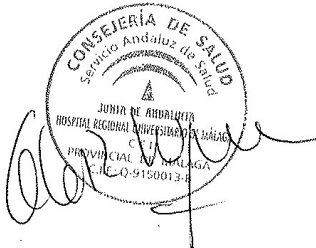
Por favor, conteste las siguientes cuestiones simplemente con Sí, No o No sabe/No contesta:

	Sí	No	NS/NC
¿Su hijo/a está usando plantillas ortopédicas actualmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Las ha usado antes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Considera usted que su hijo/a se cae con frecuencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Considera usted que a su hijo/a se le cansan pronto las piernas al hacer ejercicio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se queja su hijo/a de molestias o dolor en los pies?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Ha sufrido su hijo/a torceduras de tobillo alguna vez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Le agradecemos sinceramente su colaboración en este programa de salud podológica infantil.

Facultad de Ciencias de la Salud. Departamento de Enfermería y Podología
C/ Arquitecto Francisco Peñalosa, 3 (Ampliación Campus Teatinos) Tel. 951 952 801/02.

ANEXO 2. Autorización de la Comisión Ética de la Universidad de Málaga.

	<p>Servicio Andaluz de Salud CONSEJERÍA DE IGUALDAD, SALUD Y POLÍTICAS SOLICIALES</p>	<p><i>Comité de Ética de la Investigación Provincial de Málaga</i></p>
<p>Dra. Dña. Gloria Luque Fernández, Secretaria del CEI Provincial de Málaga</p>		
<p>CERTIFICA:</p>		
<p>Que en la sesión de CEI de fecha: 25/02/2016 ha evaluado la propuesta de D/Dña.: Francisco M. Medina Alcántara, referido al Proyecto de Investigación: "Relación de la obesidad/sobrepeso con la presencia de Valgo en la infancia".</p>		
<p>Este Comité lo considera ética y metodológicamente correcto.</p>		
<p>Los datos de los pacientes deberán estar debidamente disociados.</p>		
<p>La composición del CEI en esta sesión es la siguiente:</p>		
<p>Dra. Ana Alonso Torres (UGC Neurociencias) Dra. Marta Camacho Caro (UGC Ginecología) Dr. José L. Guerrero Orriach (UGC Anestesia y Reanimación) Dr. Antonio E. Guzmán Guzmán (UGC Farmacia Hospitalaria) Dra. Mª Dolores Bautista de Ojeda (UGC Anatomía Patológica) Dr. Manuel Herrera Gutiérrez (UGC UCI) Dra. Leonor Ruiz Sicilia (UGC Salud Mental) Dr. Benito Soriano Fernández (Médico Familia) Dr. Antonio López Téllez (Médico de Familia) Dra. Mª Angeles Rosado Souvirón (UGC Farmacia) Dra. Gloria Luque Fernández (Investigación) D. Ramón Porras Sánchez (RRHH-Abogado) Dra. Cristobalina Mayorga Mayorga (Laboratorio) Dr. Antonio Pérez Rielo (UGC UCI) Dr. Guillermo Ojeda Burgos (UGC M. Interna) Dr. José C. Fernández García (UGC Endocrinología y Nutrición) Dra. Mª Angeles Gertrudis Díez (Médico Familia) Dña. Virginia Salinas Pérez (UGC Neurociencias-Enfermera)</p>	<p>Dra. Mª Victoria de la Torre Prados (UGC UMI) Dr. Francisco J. Mérida de la Torre (Laboratorio) Dra. Mª Mercedes Márquez Castilla (Médico Familia)</p>	
<p>Lo que firmo en Málaga, a 14 Marzo 2016</p>		
		
<p>Fdo.: Dra. Gloria Luque Fernández Secretaria del CEI</p>		

ANEXO 3. Hoja de recogida de datos.

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS PARA COLEGIOS. PRACTICUM I II. F. DE PODOLOGIA. CURSO 201_/201_.

Nombre CEIP:		Fecha Exploración:	
Nombre:		Fecha de Nacimiento:	
Origen:		SEXO (M/F)	EDAD

Antropometría (cm)	DCHO	IZQU
Longitud del pie		
Anchura de talón		
Anch. de Metatarso		
Talla de calzado		

Heel Rise Test (S/N)	DCHO	IZQU
Se pone de puntillas		
Reconstrucción ALI		
Inversión Calcáneo		

Test de Jack (R/NR)	DCHO	IZQU

Peso (kg)	Talla (m)	IMC	Percentil

Pedigráfica	DCHO	IZQU
I. Valgo (%)		
I. Chippaux (%)		
I. Staheli		
Ángulo Clarke (°)		



	DCHO		IZQU	
FPI-6 (-2, -1, 0, +1, +2)	Alu	Pr	Alu	Pr
1. Palpación Astrágalo				
2. Curva Supra-Inframal. Externa				
3. INV/EVER de Calcáneo				
4. Palpación Tubérc. Escafoideo				
5. Congruencia ALI				
6. ADD/ABD Antepie				
FPI TOTAL (-12 a +12)				

Alumno/a responsable:

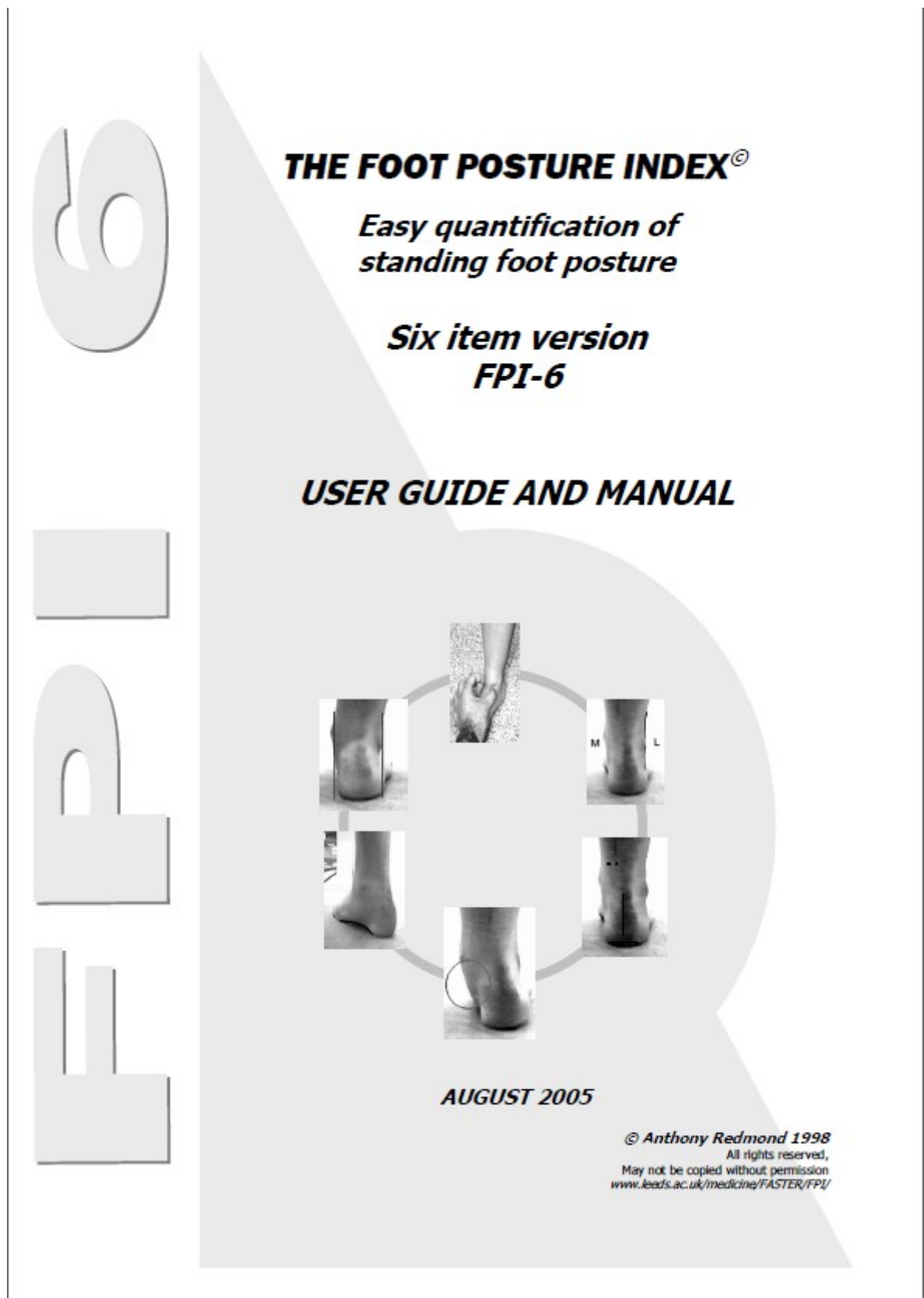
Predictivos Laxitud	DCHO	IZQU
A. Puntual Cab Mtts (S/N)		
Contigüidad 1M-1D (S/N)		
FD TPA Rodilla Flexión (°)		
FD TPA Rodilla Extens. (°)		
Flexión D 1ª AMF (°)		
Flexión D 1ª INTERF. (°)		

M. Beighton (0/1)	DCHO	IZQU
D.Flex V MCF >90°		
HiperExt. Codo >10°		
HiperExt. Rodilla >10°		
Dedo Pulgar/Antebrazo		
Flexión Tronco/Palmas		
Total puntuación		

Valoración MM.II.	DCHA	IZQU
R. INT. Cadera (°)		
R. EXT. Cadera (°)		
ACF estimada (°)		
Torsión Tibial (°)		
Antepie Adductus (s/n)		
Disimetría: marcar pierna corta		
Patrón Rotador MMII (ext/int)		
Dirección Rótulas (ext/int)		
Dirección Puntas P (ext/int)		
Genus (valgo/normal/varo)		
Dist. Intercondílea (cm)		
Dist. Intermaleolar (cm)		
Fórmula Digital		
Fórmula Metatarsal		

OBSERVACIÓN:

ANEXO 4. MANUAL DEL FOOT POSTURE INDEX



Foot Posture Index - User guide and manual

Acknowledgments

The FPI was developed with funding from the following agencies

The CMT Association of the USA

The Australasian Podiatry Council, Australian Podiatry Education and Research Fund

The Podiatry Education and Research Account of the NSW Podiatrists' Registration Board.

In-kind support was also provided by the Arthritis Research Campaign

Sincere thanks are due to the following institutions and individuals for their assistance in the development and testing of the FPI

University of Sydney, Australia

University of Western Sydney, Australia

University of South Australia

University of Huddersfield, United Kingdom

University of Leeds, United Kingdom

Royal Alexandra Hospital for Children, Sydney, Australia

Prof Robert Ouvrier

Dr Jack Crosbie

Dr Jennifer Peat

Dr Joshua Burns

Rolf Scharf-billig

Angela Evans

Alex Copper

Anne-Maree Keenan

Dr Jim Woodburn

Liz Barr

All staff and students at the University of Western Sydney, School of Exercise and Health Sciences.

All of the other clinicians in the many disciplines who have contributed with their time, suggestions and expertise in the development of the FPI to date.

About the author

Dr Anthony Redmond is Arthritis Research Campaign lecturer in the Academic Unit of Musculoskeletal Disease at the University of Leeds. He has worked in clinical podiatry and foot-related research for the majority of his career, mostly in multidisciplinary gait and lower limb clinics. The FPI was conceived as a part answer to the recurring clinical problem of assessing gait and foot posture variables reliably in the clinical setting. Work first started on the various iterations of the FPI in 1996, with a more formal approach to the development of the FPI as part of his PhD candidature in the faculty of medicine at the University of Sydney. Various iterations have appeared in the literature¹ but only this six-item version has completed all validation studies satisfactorily. We now recommend that the use of any previous versions be discontinued.

The validation process is described in full in:

Redmond AC. Foot Posture in Neuromuscular Disease (PhD Thesis) University of Sydney, 2004.

Redmond AC., Crosbie J., Ouvrier RA. Development and validation of a novel rating system for scoring foot posture: the Foot Posture Index. Clinical Biomechanics (In Press)

FPI manuals and datasheets

The FPI concept and data sheets have been released into the public domain. The datasheets may be copied freely for clinical or research purposes although they should not be altered or adapted without the express permission of the copyright holder. All rights are reserved for this manual/user guide and it should not should be copied or redistributed in any form without the author's express consent.

Further information can be found on-line at www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI

A.R. August 2005

¹ Redmond A, Burns J, Crosbie J, Ouvrier R, Peat J. An initial appraisal of the validity of a criterion based, observational clinical rating system for foot posture. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 2001;31(3):160.
Payne C, Oates M, Noakes H. Static stance response to different types of foot orthoses. *J Am Pod Med Assoc* 2003;93(6):492-8.
Evans AM, Copper AW, Scharf-billig RW, Scuter SD, Williams MT. The reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Pod Med Assoc* 2003;93:203-13.
Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med* 2004; 32 (3): 772-780

Introduction

The Foot Posture Index (FPI) is a diagnostic clinical tool aimed at quantifying the degree to which a foot can be considered to be in a pronated, supinated or neutral position.

It is intended to be a simple method of scoring the various features of foot posture into a single quantifiable result, which in turn gives an indication of the overall foot posture. The foot posture index rates weightbearing posture according to a series of predefined criteria. The FPI started life as an eight-item draft version, which during a thorough validation process was eventually refined to the six-item version detailed in this manual.

All observations are made with the subject standing in a relaxed angle and base of gait, double limb support, static stance position. This relaxed double limb support position has been reported to approximate the position about which the foot functions during the gait cycle.

Derivation of the foot posture index

The FPI was derived from a search of the literature yielding details of clinical assessment in more than 140 papers. From these 140 papers, 36 distinct clinical measures were identified. In identifying indicators potentially appropriate for use in the FPI, emphasis was placed on indicators that met the following criteria:

- a) Measures must be easy to conduct
- b) Measures must be time-efficient to perform
- c) Using the measures must not depend on costly technology
- d) The results of the measure must be simple to understand
- e) Assessment yields quantifiable data (at a minimum of ordinal level)

In addition it was considered essential for the combination of the chosen measures to, between them, measure foot posture in all of the three body planes and to also provide information on rearfoot, midfoot and forefoot segments.

Eight measures were incorporated into a working draft of the FPI and this was refined to six items after a series of validation studies.

Scoring foot posture

The user attaches a score to a series of observations that are routinely used by experienced practitioners. Features commensurate with an approximately neutral foot posture are graded as zero, while pronated postures are given a positive value, and supinated features a negative value.

Foot Posture Index - User guide and manual

FPI scoring criteria

When the scores are combined, the aggregate value gives an estimate of the overall foot posture. High positive aggregate values indicate a pronated posture, significantly negative aggregate values indicate a supinated overall foot posture, while for a neutral foot the final FPI aggregate score should lie somewhere around zero. While the measures are conducted in double limb support each foot should be scored independently.

The six clinical criteria employed in the FPI-6 are:

1. Talar head palpation
2. Supra and infra lateral malleolar curvature
3. Calcaneal frontal plane position
4. Prominence in the region of the talonavicular joint
5. Congruence of the medial longitudinal arch
6. Abduction/adduction of the forefoot on the rearfoot

Using the specified criteria

Full explanations of each of the FPI constituent parts are detailed subsequently, and the derivation of each is referenced and detailed in Appendix 1. Each of the component tests or observations are simply graded 0 for neutral, with a minimum score of -2 for clear signs of supination, and + 2 for positive signs of pronation. Unless the criteria outlined for each of the features are clearly met then the more conservative score should be awarded. It is also to be emphasised that the gradings need to be awarded on the basis of the criteria outlined below. Variation resulting from observations based on 'clinical feel' or past experience alone will result in unacceptable inter-observer error.

Preparing the patient

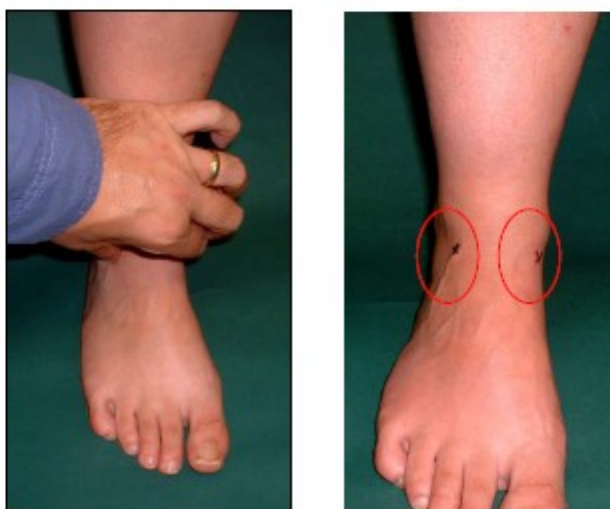
The patient should stand in their relaxed stance position with double limb support. The patient should be instructed to stand still, with their arms by the side and looking straight ahead. It may be helpful to ask the patient to take several steps, marching on the spot, prior to settling into a comfortable stance position. During the assessment, it is important to ensure that the patient does not swivel to try to see what is happening for themselves, as this will significantly affect the foot posture. The patient will need to stand still for approximately two minutes in total, in order for the assessment to be conducted. The assessor needs to be able to move around the patient during the assessment and to have uninterrupted access to the posterior aspect of the leg and foot.

1. Talar Head Palpation

(Palpation for talo-navicular congruence)

This is the only scoring criterion that relies on palpation rather than observation. The head of the talus is palpated on the medial and lateral side of the anterior aspect of the ankle, according to the standard method described variously by Root, Elveru and many others. Scores are awarded for the observation of the position as follows.

Diagram showing the position of the fingers when palpating of the head of the talus. The circles indicate the precise point of palpation on the medial and lateral side.



Clinical note: This is not an attempt to determine the so-called subtalar neutral position. For the FPI measure the subtalar joint is not manipulated into the position where the head of the talus is in maximal congruence with the navicular. For the FPI measure the head of the talus is simply palpated in the relaxed stance position and the talar head orientation reported. It may however be useful in some cases to move the foot into inversion and eversion while palpating for the talar head as this can aid in determining whether the head is still palpable in individuals on the border between 1 & 2 or -1 & -2.

Score	-2	-1	0	1	2
	Talar head palpable on lateral side/ but not on medial side	Talar head palpable on lateral side/ slightly palpable on medial side	Talar head equally palpable on lateral and medial side	Talar head slightly palpable on lateral side/ palpable on medial side	Talar head not palpable on lateral side/ but palpable on medial side

Foot Posture Index - User guide and manual

2. Supra and infra lateral malleolar curvature

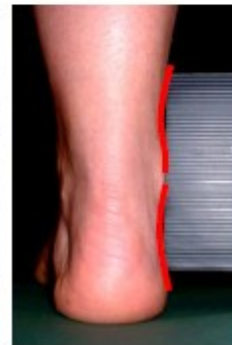
(Observation and comparison of the curves above and below the lateral ankle malleoli)

In the neutral foot it has been suggested that the curves should be approximately equal. In the pronated foot the curve **BELOW** the malleolus will be more acute than the curve above due to the abduction of the foot, and eversion of the calcaneus. The opposite is true in the supinated foot.

Supinated (-2)



Neutral (0)



Pronated (+2)



Clinical note 1: For estimating malleolar curvature, it may be helpful to use a straight edge for reference. This can be a set square, ruler or even a pen according to availability.

Score	-2	-1	0	1	2
	Curve below the malleolus either straight or <u>convex</u>	Curve below the malleolus concave, but flatter/ more shallow than the curve above the malleolus	Both infra and supra malleolar curves roughly equal	Curve below malleolus more <u>concave</u> than curve above malleolus	Curve below malleolus <u>markedly</u> more concave than curve above malleolus

Clinical note 2: Where oedema or obesity obscures the curvature this measures should be either scored at zero or removed from the assessment and indicated as such.

3. Calcaneal frontal plane position

(Inversion / eversion of the calcaneus)

This is an observational equivalent of the measurements often employed in quantifying the relaxed and neutral calcaneal stance positions. With the patient standing in the relaxed stance position, the posterior aspect of the calcaneus is visualised with the observer in line with the long axis of the foot.

Angular measurements are not required for the FPI, the foot is graded according to visual appraisal of the frontal plane position.

Supinated (-2)



Neutral (0)



Pronated (+2)



Score	-2	-1	0	1	2
	More than an estimated 5° inverted (varus)	Between vertical and an estimated 5° inverted (varus)	Vertical	Between vertical and an estimated 5° everted (valgus)	More than an estimated 5° everted (valgus)

4. Bulging in the region of the talo-navicular joint (TNJ)

In the neutral foot the area of skin immediately superficial to the TNJ will be flat. The TNJ becomes more prominent if the head of the talus is adducted in rearfoot pronation. Bulging in this area is thus associated with a pronating foot. In the supinated foot this area may be indented.

Foot Posture Index - User guide and manual

Supinated (-2)



Neutral (0)



Pronated (+2)



Score	-2	-1	0	1	2
	Area of TNJ markedly concave	Area of TNJ slightly, but definitely concave	Area of TNJ flat	Area of TNJ bulging slightly	Area of TNJ bulging markedly

Clinical note:
Bulging of the TNJ area is a common finding in pronated feet. However, true convexity of the area is usually only seen with highly supinated postures. Unless there is a definite indentation, assigning negative scores to this observation should be undertaken judiciously.

5. Height and congruence of the medial longitudinal arch

While arch height is a strong indicator of foot function, the shape of the arch can also be equally important. In a neutral foot the curvature of the arch should be relatively uniform, similar to a segment of the circumference of a circle. When a foot is supinated the curve of the MLA becomes more acute at the posterior end of the arch. In the excessively pronated foot the MLA becomes flattened in the centre as the midtarsal and Lisfranc's joints open up.

Neutral (0)



This observation should be made taking both the arch height and the arch congruence into consideration.

Supinated foot (-2)



Pronated foot (+2)



Clinical note: While simple arch height will usually be the more readily apparent of the two components of this measure, arch congruence is probably more subtle and informative. Careful observation of the arch congruence should be the main element of this measure with arch height factored in secondarily.

Score	-2	-1	0	1	2
	Arch high and acutely angled towards the posterior end of the medial arch	Arch moderately high and slightly acute posteriorly	Arch height normal and concentric ally curved	Arch lowered with some flattening in the central portion	Arch very low with severe flattening in the central portion – arch making ground contact

6. Abduction/ adduction of the forefoot on the rearfoot.

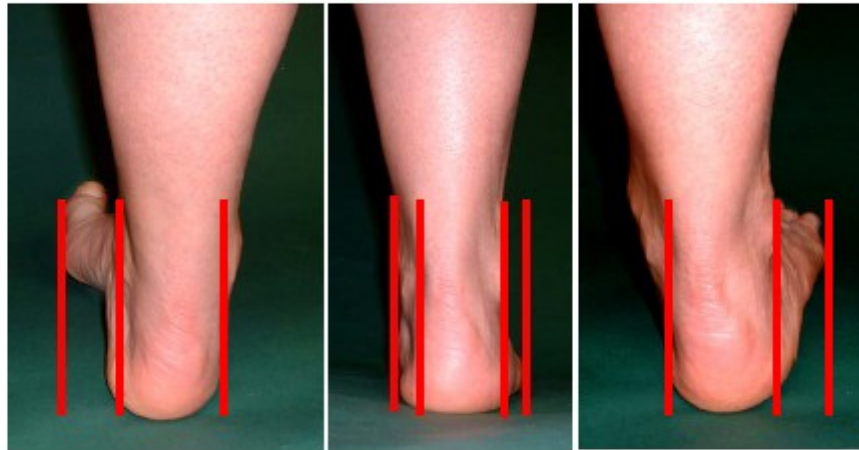
(Too many toes sign)

When viewed from directly behind, and in-line with the long axis of the heel (not the long axis of the whole foot), the neutral foot will allow the observer to see the forefoot equally on the medial and lateral sides. In the supinated foot the forefoot will adduct on the rearfoot resulting more of the forefoot being visible on the medial side. Conversely pronation of the foot causes the forefoot to abduct resulting in more of the forefoot being visible on the lateral side.

Supinated (-2)

Neutral(0)

Pronated (+2)



Clinical note: This measure should be treated with caution where there is a fixed adduction deformity of the forefoot on the rearfoot in the non-weightbearing state. Normally it is possible to see the toes by the observer raising their angle of view slightly. If the toes are obscured by other structures the mtp joints or more proximal structures can be used as a guide.

Score	-2	-1	0	1	2
	No lateral toes visible. Medial toes clearly visible	Medial toes clearly more visible than lateral	Medial and lateral toes equally visible	Lateral toes clearly more visible than medial	No medial toes visible. Lateral toes clearly visible

FPI total score

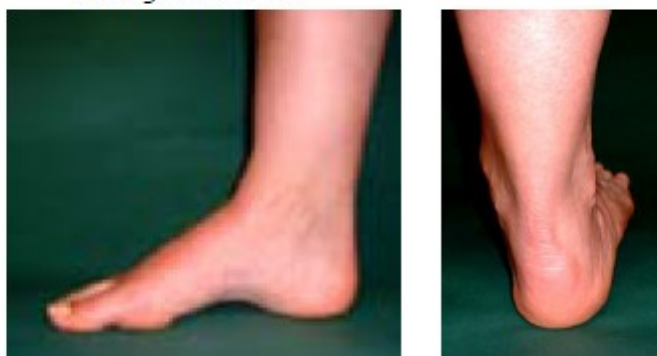
The final FPI score will be a whole number between -12 and +12.

In most cases there will be a consistent pattern of scores and the clinical picture will be immediately clear. However in some patients there will be a dominance of motion occurring in one of the three body planes or a difference between the function of the forefoot and rearfoot.

The foot segments and the body plane measured by each of the observations are indicated on the FPI data sheet. This allows the FPI to provide substantially more information than existing single segment/single plane assessment techniques. While the information needs careful clinical interpretation based on the clinician's knowledge of anatomy and function, the information yielded by the FPI assessment allows such interpretation to be better informed by data.

Examples

Example 1. Abnormal frontal plane observations predominate in a patient, with transverse and sagittal plane measures reading near neutral.



Talar head palpation	+1
Malleolar curves	+1
Inv/eversion calcaneus	+1
TNJ prominence	0
Congruence of MLA	0
Abd/adduction of FF	+1
TOTAL	+4

Foot Posture Index - User guide and manual

Example 2. The rearfoot factors may be near less marked in a patient while the midfoot/forefoot observations indicate substantial instability in the midfoot.



Talar head palpation	+1
Malleolar curves	+1
Inv/eversion calcaneus	+1
TNI prominence	+2
Congruence of MLA	+2
Abd/adduction of FF	+1
TOTAL	+8

In both of these cases the clinician interprets the results to put the foot posture into its clinically relevant context. The clinician may decide to use the FPI as a general overview of the foot function (just using the total score) or conversely he or she may prefer to keep the planar or segmental information disaggregated in order to retain the differentiation of the individual components of the score. Either way the clinician has more information available, upon which to base a decision.

Getting to know the FPI

The FPI is designed to be simple to use and for the set criteria to limit variability in scoring. Nevertheless, it is worth developing some exercise with using the measure before applying the scores in earnest.

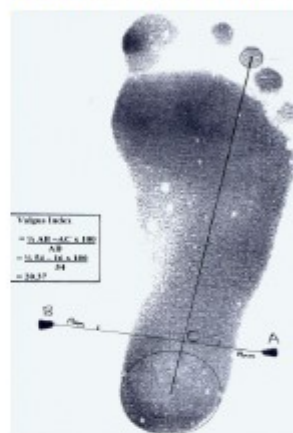
We recommend that the novice user rates approximately 30 individuals with as broad a range of foot types as possible before using the FPI formally in clinic.

Validation of the FPI

The validation of the FPI was conducted in several stages.

Item validity

FPI scores were compared initially to concurrently derived Valgus Index (VI) scores. Ratings of the eight components making up the draft FPI were undertaken for each of 131 subjects (91 male and 40 female aged 18-65 (Mean=33.7 years) while they stood on a 'pedograph', ink and paper mat.



In ordinal regression modelling the FPI-8 total scores predicted 59% of the variance in VI values (Cox and Snell $R^2=0.590$, $B=0.551$, $P<0.001$, $N=131$)

The inter-item reliability (Cronbach's α) was 0.834, indicating good inter-item reliability overall. The individual coefficients were >0.65 for six of the eight FPI components. The components measuring Helbing's sign (0.36) and the congruence of the lateral border (0.20) of the foot showed poor inter-item reliability.

Principal components analysis yielded two separate factors. The first included seven of the initial eight FPI items. A second factor, explaining 12% of the variance, was mainly a function of the congruence of the lateral border of the foot suggesting that a separate subgroup with variation in foot position independent of the lateral foot contour might be evident.

A Fastrak™ electromagnetic tracking (EMT) system was then used to reconstruct a three-dimensional lower limb model for the right leg of 20 healthy volunteers in each of three positions (pronated, neutral, supinated). The FPI scoring criteria (again except lateral border shape) predicted between 63% and 80% of the variance in their EMT derived equivalents.

Item reduction

The items Lateral border congruence and Helbing's sign had not demonstrated adequate validity and were removed to produce the final six-item instrument.



*Foot Posture Index - User guide and manual***Validation of the FPI***FPI-6 Instrument validity*

Once the FPI had been reduced to its final six-item form the validity was evaluated further. Six item FPI scores were compared with contemporaneous EMT data obtained during quiet standing and during normal walking. The FPI-6 scores predicted 64% of the variation in the static ankle/subtalar position during quiet double limb standing (adjusted $R^2=0.64$, $F=73.529$, $P<0.001$, $N=14$). The same FPI-6 scores predicted 41% of the variance in ankle/subtalar position at midstance ($R^2 = 0.41$, $F=31.786$, $P<0.001$, $N=15$).

Reliability

Reliability is a function of the user and patient group being investigated rather than a characteristic of the instrument. The independently reported inter-tester reliability of the original eight item FPI has ranged from 0.62 to 0.91, depending on population, and intra-tester reliability ranges from 0.81 to 0.91

See

Redmond AC. *Foot Posture in Neuromuscular Disease (PhD Thesis) University of Sydney, 2004.*

Burns J., Keenan A., Redmond AC. *Foot type and lower limb overuse injury in triathletes. J Am Pod Med Assoc 2005; 95:3: 235-241.*

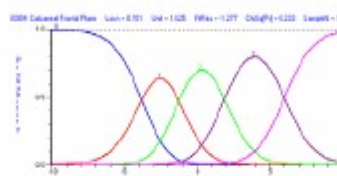
Payne C, Oates M, Noakes H. *Static stance response to different types of foot orthoses. J Am Pod Med Assoc 2003;93(6):492- 8.*

Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. *The reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. J Am Pod Med Assoc 2003;93:203-13.*

Yates B, White S. *The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. Am J Sports Med 2004; 32 (3): 772-780*

Psychometric properties

The psychometric properties including uni-dimensionality and item-functioning have been evaluated and demonstrated good fit to the Rasch model. The robustness of its psychometric properties (High person separation, no differential item functioning and good item fit), combined with the number of levels in the scoring scale (25) means that the FPI can be used in studies employing parametric statistical analysis.

*See*

Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PC, Tennant A. *"The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot specific outcome measure". Health Outcomes 2005: making a difference. Book of Proceedings. 11th Annual National Conference, 17-18 August 2005, Canberra, Australia.*

References and further reading

Talar head palpation

1. Astrom M, Arvidson T. Alignment and joint motion in the normal foot. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1995;22(5):216-22.
2. Bevans JS. Biomechanics and plantar ulcers in diabetes. *The Foot* 1992;2:166-172.
3. Diamond JE, Mueller MJ, Delitto A, Sinacore DR. Reliability of a diabetic foot evaluation. *Physical Therapy* 1989;69(10):797-802.
4. Elveru RA, Rothstein JM, Lamb RL, Riddle DL. Methods for taking subtalar joint measurements. A clinical report. *Physical Therapy* 1988;68(5):678-82.
5. McPoil TG, Cornwall MW. Relationship between three static angles of the rearfoot and the pattern of rearfoot motion during walking. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1996;23(6):370-5.
6. McPoil TG, Schuit D, Knecht HG. Comparison of three methods used to obtain a neutral plaster foot impression. *Physical Therapy* 1989;69(6):448-52.
7. Pierrynowski MR, Smith SB. Rear foot inversion/eversion during gait relative to the subtalar joint neutral position. *Foot & Ankle International* 1996;17(7):406-12.
8. Pierrynowski MR, Smith SB, Mlynarczyk JH. Proficiency of foot care specialists to place the rearfoot at subtalar neutral. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1996;86(5):217-23.
9. Picciano AM, Rowlands MS, Worrell T. Reliability of open and closed kinetic chain subtalar joint neutral positions and navicular drop test. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1993;18(4):553-8.
10. Sell KE, Verity TM, Worrell TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1994;19(3):162-7.

Supra and infra lateral malleolar curvature.

(Sanner compared medial and lateral malleoli)

1. Merriman LM, Tollafield DR, editors. *Assessment of the Lower Limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.
2. Sanner WH. Clinical methods for predicting the effectiveness of functional foot orthoses. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1994;11(2):279-95.

**Calcaneal
frontal plane
position**

Foot Posture Index - User guide and manual

1. Astrom M, Arvidson T. Alignment and joint motion in the normal foot. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1995;22(5):216-22.
2. Bevans JS. Biomechanics and plantar ulcers in diabetes. *The Foot* 1992;2:166-172.
3. Coplan JA. Rotational motion of the knee: A comparison of normal and pronating subjects. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1989;10(9):366-369.
4. Dahle LK, Mueller M, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1991;14(2):70-4.
5. Diamond JE, Mueller MJ, Delitto A, Sinacore DR. Reliability of a diabetic foot evaluation. *Physical Therapy* 1989;69(10):797-802.
6. Donatelli R, Wooden M, Ekedahl SR, Wilkes JS, Cooper J, Bush AJ. Relationship between static and dynamic foot postures in professional baseball players. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy* 1999;29(6):316-330.
7. Jahss MH. Evaluation of the cavus foot for orthopedic treatment. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 1983(181):52-63.
8. Leppilahti J, Korpelainen R, Karpakka J, Kvist M, Orava S. Ruptures of the Achilles Tendon - Relationship to Inequality in Length of Legs and to Patterns in the Foot and Ankle. *Foot & Ankle International* 1998;19(10):683-687.
9. Lepow GM, Valenza PL. Flatfoot overview. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1989;6(3):477-89.
10. McPoil TG, Cornwall MW. Relationship between three static angles of the rearfoot and the pattern of rearfoot motion during walking. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1996;23(6):370-5.
11. Merriman LM, Tollafield DR, editors. *Assessment of the Lower Limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.
12. Nester CJ. Rearfoot complex: A review of its interdependent components, axis orientation and functional model. *Foot* 1997;7(2):86-96.
13. Novick A, Kelley DL. Position and movement changes of the foot with orthotic intervention during the loading response of gait. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1990;11(7):301-312.
14. Picciano AM, Rowlands MS, Worrell T. Reliability of open and closed kinetic chain subtalar joint neutral positions and navicular drop test. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1993;18(4):553-8.
15. Sanner WH. Clinical methods for predicting the effectiveness of functional foot orthoses. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1994;11(2):279-95.
16. Sell KE, Verity TM, Worrell TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1994;19(3):162-7.
17. Sobel E, Levitz S, Caselli M, Brentnall Z, Tran MQ. Natural history of the rearfoot angle: preliminary values in 150 children. *Foot & Ankle International* 1996;20(2):119-125.
18. Song J, Hillstrom HJ, Secord D, Levitt J. Foot type biomechanics, comparison of planus and rectus foot types. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1996;86(1):16-23.
19. Weiner-Ogilvie S, Rome K. The reliability of three techniques for measuring foot position. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1998;88(8):381-6.
20. Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(10):1291-8.
21. Yamamoto H, Muneta T, Ishibashi T, Furuya K. Posteromedial release of congenital club foot in children over five years of age. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume* 1994;76(4):555-8.

Prominence in the region of the talonavicular joint

1. Dahle LK, Mueller M, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1991;14(2):70-4.
2. Fraser RK, Menelaus MB, Williams PF, Cole WG. The Miller procedure for mobile flat feet. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume* 1995;77(3):396-9.
3. Gould N. Evaluation of hyperpronation and pes planus in adults. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 1983(181):37-45.
4. Merriman LM, Tollafield DR, editors. *Assessment of the Lower Limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.

Height and congruence of the medial longitudinal arch

1. Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Archives of Family Medicine* 1993;2(7):773-7.
2. Dahle LK, Mueller M, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1991;14(2):70-4.
3. Fraser RK, Menelaus MB, Williams PF, Cole WG. The Miller procedure for mobile flat feet. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume* 1995;77(3): 396-9.
4. Jahss MH. Evaluation of the cavus foot for orthopedic treatment. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 1983(181):52-63.
5. Lepow GM, Valenza PL. Flatfoot overview. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1989;6(3):477-89.
6. Merriman LM, Tollafield DR, editors. *Assessment of the Lower Limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.
7. Nester CJ. Rearfoot complex: A review of its interdependent components, axis orientation and functional model. *Foot* 1997;7(2):86-96.
8. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 1995;76(1):45-9.
9. Sell KE, Verity TM, Worrell TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1994;19(3):162-7.
10. Song J, Hillstrom HJ, Secord D, Levitt J. Foot type biomechanics. comparison of planus and rectus foot types. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1996;86(1):16-23.
11. Weiner-Ogilvie S, Rome K. The reliability of three techniques for measuring foot position. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 1998;88(8):381-6.
12. Spinner SM, Chussid F, Long DH. Criteria for combined procedure selection in the surgical correction of the acquired flatfoot. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1989;6(3):561-75.
13. Wen DY, Puffer JC, Schmalzried TP. Lower extremity alignment and risk of overuse injuries in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1997;29(10):1291-8.

***Abduction/
adduction of
the forefoot on
the rearfoot.***

Foot Posture Index - User guide and manual

1. Dahle LK, Mueller M, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1991;14(2):70-4.
2. Fraser RK, Menelaus MB, Williams PF, Cole WG. The Miller procedure for mobile flat feet. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume* 1995;77(3):396-9.
3. Freychat P, Belli A, Carret JP, Lacour JR. Relationship between rearfoot and forefoot orientation and ground reaction forces during running. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1996;28(2):225-32.
4. Jahss MH. Evaluation of the cavus foot for orthopedic treatment. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 1983(181):52-63.
5. Johnson KA. Tibialis posterior tendon rupture. *Clinical Orthopaedics & Related Research* 1983(177):140-7.
6. Kouchi M, Tsutsumi E. Relation between the medial axis of the foot outline and 3-D foot shape. *Ergonomics* 1996;39(6):853-861.
7. Lepow GM, Valenza PL. Flatfoot overview. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1989;6(3):477-89.
8. Merriman LM, Tollafield DR, editors. *Assessment of the Lower Limb*. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995.
9. Nester CJ. Rearfoot complex: A review of its interdependent components, axis orientation and functional model. *Foot* 1997;7(2):86-96.
10. Ross AS, Jones LJ. Non-weightbearing negative cast evaluation. *Journal of the American Podiatry Association* 1982;72(12):634-8.
11. Sanner WH. Clinical methods for predicting the effectiveness of functional foot orthoses. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1994;11(2):279-95.
12. Spinner SM, Chussid F, Long DH. Criteria for combined procedure selection in the surgical correction of the acquired flatfoot. *Clinics in Podiatric Medicine & Surgery* 1989;6(3):561-75.
13. Yamamoto H, Muneta T, Ishibashi T, Furuya K. Posteromedial release of congenital club foot in children over five years of age. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume* 1994;76(4):555-8.

Foot Posture Index Datasheet

Patient name

ID number

	FACTOR	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Date	Comment	Date	Comment	Date	Comment
			Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2
Rearfoot	Talar head palpation	Transverse						
	Curves above and below the lateral malleolus	Frontal/ transverse						
	Inversion/eversion of the calcaneus	Frontal						
Forefoot	Prominence in the region of the TNJ	Transverse						
	Congruence of the medial longitudinal arch	Sagittal						
	Abd/adduction forefoot on rearfoot	Transverse						
TOTAL								

Reference values

Normal = 0 to +5

Pronated = +6 to +9, Highly pronated 10+

Supinated = -1 to -4, Highly supinated -5 to -12

©Anthony Redmond 1998

(May be copied for clinical use and adapted with the permission of the copyright holder)
www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI

Foot Posture Index Datasheet

Patient name

ID number

	FACTOR	PLANE	SCORE 1		SCORE 2		SCORE 3	
			Date	Comment	Date	Comment	Date	Comment
			Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2	Left -2 to +2	Right -2 to +2
Rearfoot	Talar head palpation	Transverse						
	Curves above and below the lateral malleolus	Frontal/ transverse						
	Inversion/eversion of the calcaneus	Frontal						
Forefoot	Prominence in the region of the TNJ	Transverse						
	Congruence of the medial longitudinal arch	Sagittal						
	Abd/adduction forefoot on rearfoot	Transverse						
TOTAL								

Reference values

Normal = 0 to +5

Pronated = +6 to +9, Highly pronated 10+

Supinated = -1 to -4, Highly supinated -5 to -12

©Anthony Redmond 1998

(May be copied for clinical use and adapted with the permission of the copyright holder)
www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI

Capítulo 9

PUBLICACIONES

ARTICULO 1. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study.

Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016;9:24.

Gijon-Nogueron et al. *Journal of Foot and Ankle Research* (2016) 9:24
DOI 10.1186/s13047-016-0156-3

Journal of
Foot and Ankle Research

RESEARCH

Open Access

Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study



Gabriel Gijon-Nogueron^{1*}, Jesus Montes-Alguacil¹, Pilar Alfageme-Garcia², Jose Antonio Cervera-Marin¹, Jose Miguel Morales-Asencio¹ and Alfonso Martinez-Nova²

Abstract

Background: The Foot Posture Index (FPI) is an observational tool designed to measure the position of the foot. Its reliability is well established, and it provides normative reference values for the general population. However, this is not so for the paediatric population. The aim of this study is to determine FPI reference values in childhood, taking into account age and gender.

Methods: This cross-sectional study included 1,762 school children (863 boys and 899 girls) aged 6–11 years, from Málaga, Granada and Plasencia (Spain). In every case, FPI measurements were obtained for both feet by two experienced podiatrists. A descriptive analysis was then conducted and the percentiles of the variables determined, with a significance level of $P < 0.05$.

Results: The consolidated FPI results for the sample population produced mean values of 3.74 (SD 2.93) points for the right foot and 3.83 (SD 2.92) for the left. The 50th percentile was 4 points for both genders and for both feet, except for the right foot among the girls, which was slightly lower, at 3 points. The 85th percentile, which is considered to represent the boundary between the normal and the pronated foot among children, was 6 points, uniformly among the subjects.

Conclusions: As a normative FPI value for the paediatric population, we recommend the 50th percentile, i.e. 4 points, for children, of both genders, aged 6 years. This value progressively falls with age, to 3 FPI points for children aged 11 years. The 85th percentile for the pronated foot and the 4th percentile for the supinated foot can be considered the pathological boundary.

ARTICULO 2. **Overweight, obesity and foot posture in children: A cross-sectional Study**

Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Martinez-Nova A, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM. Overweight, obesity and foot posture in children: A cross-sectional study J Paediatr Child Health. 2016; (Edición pendiente)

ORIGINAL ARTICLE

Overweight, obesity and foot posture in children: A cross-sectional study

Gabriel Gijon-Nogueron,¹ Jesus Montes-Alguacil,¹ Alfonso Martinez-Nova,² Pilar Alfageme-Garcia,² Jose A Cervera-Marin¹ and Jose M Morales-Asencio¹

¹Department of Nursing and Podiatry, University of Malaga, Malaga and ²Department of Nursing, University of Extremadura, Badajoz, Spain

Aim: The aim of this study is to examine the relationship between obesity and foot posture in children.

Methods: This cross-sectional study is based on a sample population of 1798 schoolchildren (873 boys and 925 girls) aged between 6 and 12 years. The height and weight of each subject was measured and the body mass index (BMI) was calculated. Foot posture was described by means of the foot posture index (FPI). The differences among various foot postures in relation to BMI, for the total sample, were tested using the Games-Howell test. In addition, cross tabulation for different gender groups and BMI categories was applied and tested using χ^2 .

Results: The mean BMI was 18.94 (standard deviation (SD) 3.65 kg/m²) in the boys and 18.90 (SD 3.64 kg/m²) in the girls, and the FPI was 3.97 (SD 2.98) in the boys and 3.68 (SD 2.86) in the girls. The FPI results show that among the boys aged 6 years, the right foot was more pronated than among the girls (FPI 4.8–4.1, $P = 0.034$), while among the boys aged 7 years, this was true for the left foot (4.4–3.7, $P = 0.049$). For the other ages, there were no significant differences in the FPI between the sexes. There were no significant differences between the value, or categories, of BMI and the FPI in the different age groups.

Conclusion: In children aged between 6 and 12 years, body mass does not appear to have an important bearing on static foot posture. Furthermore, the variables gender and age are of scant importance in determining foot posture in children.

Key words: children; cross-sectional study; foot posture; obesity; overweight.



